

## Trilhas e seu papel ecológico: o que temos aprendido e quais as perspectivas para a restauração de ecossistemas?

Pedro Vasconcellos Eisenlohr<sup>1,5</sup>, Leila Meyer<sup>1</sup>, Pedro Luiz Silva de Miranda<sup>1</sup>, Vanessa Leite Rezende<sup>1</sup>, Cristiane Dias e Sarmiento<sup>1</sup>, Thaís Jeanne Rafaelly de Carvalho Mota<sup>2</sup>, Letícia Couto Garcia<sup>3</sup> e Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo<sup>4</sup>

Recebido: 14.06.2013; aceito: 23.08.2013

**ABSTRACT** - (Trails and their ecological role: what have we learned and what are the prospects for restoration of ecosystems?). We aimed at reviewing the ecological role of the trails and inserting this theme into restoration ecology projects. For a comprehensive understanding of this ecological role, we addressed the applicability of trails to Environmental Education (EE) projects and their impacts on vegetation. We showed that trails are suitable places to practice EE programs. On the other hand, we point out a number of potential concerns arising from the use and opening of trails as, for example, soil compaction and changes in the composition, structure, and diversity of adjacent vegetation. Hence, we indicate that trails can be addressed in restoration projects of ecosystems. We conclude by suggesting some questions that can guide future works on trails and vegetation, including their connections with restoration ecology.

**Keywords:** Environmental Education, forest fragmentation, human impacts, soil compaction, species diversity

**RESUMO** - (Trilhas e seu papel ecológico: o que temos aprendido e quais as perspectivas para a restauração de ecossistemas?). Nosso objetivo foi revisar o papel ecológico das trilhas e inserir essa temática nos projetos de restauração ecológica. Para uma compreensão abrangente desse papel ecológico, abordamos tanto as possíveis aplicações das trilhas para projetos de Educação Ambiental (EA) quanto seus impactos sobre a vegetação. Mostramos que as trilhas ecológicas constituem espaços adequados para a prática de programas de EA. Por outro lado, apontamos uma série de potenciais problemas advindos da abertura e utilização de trilhas, como, por exemplo, compactação do solo e alterações na composição, estrutura e diversidade da vegetação adjacente, para então indicarmos que é possível abordar as trilhas nos projetos de restauração de ecossistemas. Concluímos sugerindo algumas perguntas que poderão nortear os futuros trabalhos sobre trilhas e vegetação, incluindo suas conexões com a restauração ecológica.

**Palavras-chave:** compactação do solo, diversidade de espécies, Educação Ambiental, fragmentação florestal, impactos antrópicos

### Introdução

As trilhas constituem um elemento cultural presente nas sociedades humanas desde os tempos remotos e serviram, durante muito tempo, como via de comunicação entre os diversos lugares habitados ou visitados pelo homem, suprimindo a necessidade de deslocamento, reconhecimento de novos territórios

e busca por alimento e água (Carvalho & Bóçon 2004, Maciel *et al.* 2011). Com as mudanças socioculturais, as trilhas passaram a ser utilizadas para outras finalidades, tais como viagens comerciais e peregrinações religiosas (Carvalho & Bóçon 2004). Na atualidade, as trilhas têm sido utilizadas como via de condução a ambientes naturais, para contemplação da natureza, prática de esportes radicais, recreação e

1. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil
2. Centro Universitário de Belo Horizonte, Graduação em Ecologia, Avenida Professor Mário Werneck, 1685, Estoril, 30455-610 Belo Horizonte, MG, Brasil
3. Programa de Conservação Mata Atlântica e Savanas Centrais, The Nature Conservancy Brasil, Rua Padre Anchieta, 392, 80410-030 Curitiba, PR, Brasil
4. Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa Curadoria do Herbário São Paulo, Avenida Miguel Stéfano, 3687, Água Funda, 04301-012 São Paulo, SP, Brasil
5. Autor para correspondência: pedrov.eisenlohr@gmail.com

ecoturismo, além de ainda serem utilizadas como via de acesso e comunicação entre grupos em áreas não urbanas (Costa *et al.* 2008, Gualtieri-Pinto *et al.* 2008).

Nesse sentido, as trilhas deixaram de ser um simples meio de deslocamento para se tornarem um novo meio de contato com a natureza. Isso se justifica pelo fato de que as trilhas possibilitam o contato do homem com os ambientes naturais, sendo uma alternativa para mostrar a importância dos ambientes bióticos e abióticos por meio da Educação Ambiental (Costa 2006a). Esta, por estimular a sensibilização humana, possibilita a compreensão do ambiente natural e suas inter-relações e leva à aquisição de valores relacionados à conservação do meio ambiente (Carvalho & Bóçon 2004, Amaral & Munhoz 2007, Campos & Filleto 2011, Silva & Figueiredo 2011) e, portanto, tem sido praticada, sobretudo no Brasil (Carvalho & Bóçon 2004, Amaral & Munhoz 2007, Rachwal *et al.* 2007, Ikemoto *et al.* 2009).

O uso de trilhas vem aumentando nas últimas décadas, principalmente em áreas de proteção ambiental, conforme verificado por Balmford *et al.* (2009), que registraram incremento do número de visitantes em áreas de proteção ambiental em 15 dos 20 países avaliados. A frequência de uso das trilhas, bem como o regime de manutenção dessas e a vulnerabilidade da vegetação, são fatores determinantes da intensidade do seu impacto sobre a vegetação (Cole 1978, Roovers *et al.* 2004). A implantação e uso de trilhas gera modificações no seu ambiente de ocorrência e áreas adjacentes, como aumento da compactação e erosão do solo, perda de cobertura vegetal, alterações na composição, diversidade e estrutura das comunidades vegetais e, ainda, perturbações à fauna (Liddle 1975, Cole 1978, Kuss 1986, Boucher *et al.* 1991, Fonseca Filho *et al.* 2011).

Nesse sentido, as trilhas podem ser consideradas um paradoxo à conservação e restauração dos ambientes naturais. Se por um lado representam uma ferramenta a favor da conservação e restauração por permitirem o contato do homem com a natureza e a conscientização da necessidade de conservar, também constituem uma fonte de distúrbio a esses ambientes (Eisenlohr *et al.* 2009, 2011). O futuro tanto da conservação quanto da restauração dos ecossistemas depende não somente da proteção humana, mas também da relação das pessoas que habitam ou compartilham esses ambientes (Jordan III 2003), o que se dará fisicamente por meio do acesso por trilhas.

Nesta contribuição, revisamos os conhecimentos atuais sobre o papel ecológico das trilhas e buscamos, sempre que possível, inserir esses conhecimentos no âmbito dos projetos de restauração ecológica, assumindo que estudos avaliando tanto a presença quanto o efeito de trilhas em áreas em restauração são escassos. Para discutirmos as várias faces desse papel ecológico, abordamos as possíveis aplicações das trilhas para a Educação Ambiental e suas influências e impactos sobre a vegetação.

### **Trilhas como instrumento para a Educação Ambiental**

O contato do homem com a natureza, nas sociedades contemporâneas, encontra uma barreira cultural ditada pelos meios de comunicação e pelo consumismo, o que torna esse contato dificilmente harmonioso por si só (Projeto Doces Matas 2002). Nesse contexto, a prática da Educação Ambiental (EA) é essencial para harmonizar a interação do ser humano com o ambiente natural. De fato, a EA vem sendo largamente discutida como ferramenta fundamental para o desenvolvimento do ecoturismo (Campos & Filleto 2011, Coelho 2011, Santos 2011) e também como conteúdo indispensável na educação formal (González-Gaudio & Lorenzetti 2009). Novas abordagens educacionais, diferentes das de caráter quase exclusivamente conservacionista e instrumental que originaram as práticas educativas ambientais na educação formal (Kawasaki & Carvalho 2009), vêm sendo propostas nesses dois sentidos. Contudo, a pesquisa científica acadêmica sobre a EA, iniciada na década de 1980 (Lorenzetti 2008), aponta que os temas dessa área de conhecimento, ainda em definição, caminham sempre no sentido de ampliar a compreensão de ambiente e natureza, em detrimento do incentivo ao conservacionismo extremo (Kawasaki & Carvalho 2009, Pato *et al.* 2009).

Tanto para o ensino formal quanto para o não formal, as trilhas ecológicas constituem excelentes espaços para a prática de programas de EA, que devem ir além de simplesmente ensinar o que os visitantes devem fazer nos ambientes visitados, mas também propor mudanças no modo como as pessoas pensam e avaliam a sua relação com o ambiente (Campos & Filleto 2011). Segundo Piroli & Santos (2010), a EA é fundamental para inserção do conhecimento sobre a importância dos recursos naturais ao público-alvo de suas atividades. Em concordância, Silva & Figueiredo (2011) assumiram que trilhas interpretativas são

um "meio sedutor" para promover a sensibilização nesse processo educativo. Nesse sentido, em trilhas ecológicas, diferentes formas de trabalho podem alcançar variados níveis na estruturação de um novo paradigma ambiental. A EA pode causar mudanças de comportamento e desenvolvimento de valores éticos por meio da sensibilização para os detalhes da natureza, despertando o interesse pelo convívio com a mesma e a transmissão de conhecimentos ambientais de forma vivenciada, como o desenvolvimento sustentável dos ecossistemas (Projeto Doces Matas 2002).

Entretanto, nem todas as trilhas mostram-se ideais para a prática da EA, sendo desejáveis alguns atributos para que os visitantes vivenciem diversos tipos de experiências que os sensibilizem no sentido de sua integração com a natureza. Locais como mirantes, que permitem a observação e a contemplação da paisagem, e pontos de parada, principalmente em trilhas de média a alta dificuldade (Figueiredo *et al.* 2012), são de grande valia nesse processo de sensibilização. A presença de um Centro de Interpretação, ainda que localizado fora da trilha trabalhada, pode potencializar o processo de transformação dos visitantes, com o auxílio de recursos tecnológicos e/ou de coleções.

Além da adequação das trilhas, um bom planejamento é fundamental para o sucesso das atividades de EA em locais com essa vocação. Para tanto, é necessário um conhecimento mínimo sobre características básicas dos visitantes, como idade, sexo, escolaridade, tempo de permanência no local, percepções ambientais e ecológicas, motivações, expectativas, atitudes, valores e condutas (Projeto Doces Matas 2002, Campos & Filletto 2011, Campos *et al.* 2011). Tais informações também permitem conhecer ou prever o comportamento dos usuários das trilhas, bem como as causas e possíveis soluções dos impactos ecológicos gerados por esse público (Campos & Filletto 2011).

A prática do turismo em ambientes naturais, ou ecoturismo, é hoje bastante condicionada a um desejável "deslumbramento" provocado pelos cenários naturais, atrelado às possibilidades de lazer (Bruhns 2010) oferecidas por esses cenários. Assim, o ecoturista com consciência ambiental pouco desenvolvida preocupa-se somente em alcançar esses locais, sem necessariamente reconhecer que o acesso aos mesmos é também parte essencial do ambiente e deve ser preservado. Por isso, a implantação de práticas de EA é muito importante nos ambientes naturais que

possuem trilhas para visitação, pois podem ampliar a percepção e sensibilizar os ecoturistas em torno da sua influência nesses ambientes.

Na visão de Fonseca Filho *et al.* (2011), impactos negativos causados pelo ecoturismo à biodiversidade agravam-se pelo fato de que "trilhas costumam ser tratadas somente como um meio de deslocamento a atrativos turísticos naturais" e não recebem a apropriada conservação. Segundo esses autores, para que a conservação das trilhas seja efetiva, é necessária uma adequação no método de determinação da capacidade de carga turística. Capacidade de carga turística pode ser definida como o número de visitas a um determinado local por unidade de tempo (Cifuentes 1992). Lobo *et al.* (2011) também indicaram que os atuais métodos de capacidade de carga apresentam problemas quanto à sua aplicação e manejo, necessitando de novas abordagens. A compactação do solo, por exemplo, não é considerada na maioria dos métodos de cálculo de capacidade de carga e pode provocar, como observado por Fonseca Filho *et al.* (2011), erosão do solo em áreas de maior declividade ou escassa cobertura do solo.

De acordo com a Cartilha Internacional de Restauração Ecológica (SER 2004), ambientes restaurados com sucesso requerem os mesmos tipos de manejo que os naturais, visando a sua conservação, inclusive no que se refere aos impactos antrópicos. Já Rodrigues *et al.* (2007) alertaram que a resiliência das áreas restauradas em muito depende do equilíbrio ecológico do entorno. Assim, quando esses ambientes restaurados possuem trilhas de visitação, faz-se necessária a prática de atividades de EA nessas trilhas e a aplicação de métodos adequados de determinação de sua capacidade de carga. A EA tem abrangência tanto local quanto difusa ou regional; na abrangência local, a EA permite ampliar a percepção do ambiente pelos visitantes e evidenciar os motivos de sua restauração, levando à redução do impacto sobre o ecossistema, enquanto na abrangência difusa ou regional a EA transforma os visitantes em aliados à conservação biológica.

### **Trilhas podem influenciar padrões de vegetação e fatores abióticos?**

Apesar do potencial das trilhas para projetos de EA, há um contraponto importante que aos poucos vem sendo avaliado: a influência de trilhas sobre a vegetação. Grande parte do conhecimento sobre os efeitos dessa influência é proveniente da América do Norte, sobretudo dos Estados Unidos (Cole 1978,

1987, Cole & Marion 1988, Hall & Kuss 1989, Olive & Marion 2009, Wimpey & Marion 2010) e, em menor número, da Europa, Ásia e Oceania (Sun & Walsh 1998, Pickering & Hill 2007, Törn *et al.* 2009). Em relação ao Neotrópico, que abriga elevada biodiversidade (*e.g.*, Antonelli & Sanmartín 2011), apenas recentemente iniciaram-se investigações nesse sentido - notadamente a partir de Rodolfo *et al.* (2008a, b), Villagra (2008) e Eisenlohr *et al.* (2009) - e, portanto, poucos são os trabalhos disponíveis, sendo a maioria desses conduzidos no Brasil (tabela 1).

Conforme demonstrado em alguns estudos, principalmente os que tratam sobre o efeito de borda, as alterações das condições abióticas do ambiente, como as provocadas pelo desmatamento e abertura de clareiras e trilhas, são capazes de provocar mudanças em comunidades vegetais (Murcia 1995). Quando as plantas não conseguem se adaptar às novas condições, há uma alteração na diversidade e composição de espécies (Harper *et al.* 2005, Pütz *et al.* 2011, Tabarelli *et al.* 2012), cuja dimensão irá depender do grau e amplitude do impacto sofrido (Hamberg *et al.* 2009, Melo *et al.* 2010). Estudos feitos por Dupuy & Chazdon (2008), Melo *et al.* (2010) e Dybizinski & Tilman (2012) demonstraram como essas novas condições ambientais são capazes de interferir no recrutamento de plântulas, propiciando que espécies que antes não ocorriam no local que sofreu impacto, ou eram encontradas em baixas densidades, sejam capazes de ali se estabelecer.

A abertura e uso de trilhas, assim como outros impactos antrópicos, provocam variações de temperatura, exposição direta do solo à radiação solar e aumento do grau de exposição aos ventos (Whittaker 1975, Kuss 1986, Tabarelli *et al.* 2012). No caso das trilhas, também alteram a estrutura física do solo, principalmente por meio da compactação e erosão, o que leva ao aumento do escoamento superficial e à redução do seu conteúdo de água, matéria orgânica e nutrientes (Kuss 1986, Marion & Cole 1996, Wallin & Harden 1996, Magro 1999). Nesse sentido, a alteração do ambiente edáfico pode resultar em importantes mudanças na composição das espécies da flora e da fauna do solo (Duffey 1975). Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio pode levar a mudanças na biologia e na química do solo. Essas alterações tornam o ambiente mais restritivo para algumas espécies vegetais, influenciando o recrutamento de novos indivíduos e a sobrevivência dos que já estão ali estabelecidos. Essas evidências

apontam que é plausível supor que a abertura e o uso constante de trilhas sejam capazes de alterar os padrões florísticos da vegetação onde a trilha se encontra, mesmo que em pequena escala, e somente nas regiões adjacentes às próprias trilhas. Com efeito, é isso que alguns estudos conduzidos sobre o tema em várias regiões do mundo sugeriram (Dale & Weaver 1974, Cole 1987, Eisenlohr *et al.* 2009, 2011, Hirata *et al.* 2010).

Em estudos abrangentes sobre o efeito de trilhas em diferentes formações vegetais dos Estados Unidos (Cole 1987) e da Bélgica (Roovers *et al.* 2004), investigou-se como a vegetação e o ambiente físico próximos à trilha são influenciados pelo pisoteio constante, atribuindo a esse fator as principais alterações ali observadas. Esse e outros estudos (Baret & Strasberg 2005, Eisenlohr *et al.* 2009) apontaram para várias zonas de influência da trilha, as quais se diferenciariam em relação à composição, diversidade e estrutura da vegetação. Essas zonas, *sensu* Roovers *et al.* (2004), seriam: 'zona marginal' - imediatamente ao lado da trilha; 'zona de transição 1' - a cerca de 2 m de distância do centro da trilha; e 'zona de transição 2' - a cerca de 5 m de distância do centro da trilha. O posicionamento dessas zonas em relação à trilha deve variar entre os diferentes ecossistemas e de acordo com a frequência e intensidade do pisoteio, como sugerido por Comita & Goldsmith (2008).

O uso constante das trilhas para a coleta de dados científicos também leva ao pisoteio da vegetação ali presente e à compactação do solo (Comita & Goldsmith 2008). No caso estudado por essas autoras, a constante saída de pessoas das trilhas com intuito de checar parcelas, armadilhas ou fazer outras observações científicas fizeram com que o efeito do pisoteio fosse observado em até 20 m de distância do centro da trilha. Roncero-Siles (2008) investigou efeitos do pisoteio humano sobre a vegetação de fragmentos de Floresta Atlântica no Estado de São Paulo e constatou relações não lineares entre o nível de impacto e a resposta da vegetação e, ainda, que essa resposta foi diferente entre os fragmentos analisados - duas áreas mostraram-se pouco resistentes e resilientes e a outra apresentou resistência moderada, com recuperação após se passar um ano do impacto. Contudo, para Marion & Olive (2006), trilhas cujo uso está concentrado em atividades de caminhada e ciclismo geralmente tendem a apresentar pouca degradação relacionada à atividade erosiva, se comparada a trilhas onde há presença constante de cavalos e veículos *off-road*.

Tabela 1. Investigações das influências de trilhas sobre a vegetação neotropical e seu meio físico, em ordem cronológica.

Table 1. Studies regarding trails influence on the Neotropical vegetation and the respective physical environment, arranged in chronological order.

Autores	Área de estudo	Bioma/Tipo de vegetação	Objetivo
Boucher <i>et al.</i> (1991)	Costa Rica	Floresta Pluvial Tropical	Avaliar a resiliência da vegetação após implantação de trilhas
Wallin & Harden (1996)	Costa Rica; Equador	Floresta Pluvial Tropical	Avaliar a erosão do solo em trilhas
Farrell & Marion (2001)	Belize; Costa Rica	Floresta Pluvial Tropical e Temperada	Avaliar o impacto de visitantes em oito áreas de proteção ambiental
Goldsmith <i>et al.</i> (2006)	Panamá: Ilha de Barro Colorado	Floresta Pluvial Tropical	Avaliar a influência de trilhas na composição e estrutura da comunidade de plântulas
Alberti & Morellato (2008)	Brasil: Santa Maria (RS)	Mata Atlântica/Floresta Estacional Semidecídua	Avaliar a influência de trilhas na fenologia reprodutiva de <i>Gymnanthes concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.
Comita & Goldsmith (2008)	Panamá: Ilha de Barro Colorado	Floresta Pluvial Tropical	Avaliar a influência de trilhas na estrutura e dinâmica da comunidade de plântulas
Rodolfo <i>et al.</i> (2008a)	Brasil: Foz do Iguaçu (PR)	Mata Atlântica/Floresta Estacional Semidecídua	Levantar espécies exóticas ao longo de trilhas
Rodolfo <i>et al.</i> (2008b)	Brasil: Foz do Iguaçu (PR)	Mata Atlântica/Floresta Estacional Semidecídua	Discutir a influência de espécies exóticas ao longo de trilhas
Villagra (2008)	Brasil: São Paulo (SP)	Mata Atlântica/transição Floresta Ombrófila Densa-Estacional Semidecídua	Avaliar possíveis influências de trilhas na estrutura e composição florística da comunidade de trepadeiras
Eisenlohr <i>et al.</i> (2009)	Brasil: Viçosa (MG); São Paulo (SP)	Mata Atlântica/Floresta Estacional Semidecídua e transição Floresta Ombrófila Densa-Estacional Semidecídua	Avaliar possíveis influências de trilhas sobre a estrutura e a composição florística da comunidade arbórea
Hirata <i>et al.</i> (2010)	Brasil: São Paulo (SP)	Mata Atlântica/transição Floresta Ombrófila Densa-Estacional Semidecídua	Avaliar possíveis influências de trilhas na composição florística da comunidade arbórea
Santos <i>et al.</i> (2010)	Brasil: São Paulo (SP)	Mata Atlântica/transição Floresta Ombrófila Densa-Estacional Semidecídua	Avaliar possíveis influências de trilhas na composição e diversidade de epífitas
Eisenlohr <i>et al.</i> (2011)	Brasil: Viçosa (MG)	Mata Atlântica/Floresta Estacional Semidecídua	Avaliar possíveis influências de trilhas na composição florística da comunidade arbórea
Maciel <i>et al.</i> (2011)	Brasil: Santo André (SP)	Mata Atlântica/Floresta Ombrófila Densa	Avaliar a influência de trilhas na cobertura vegetal e diversidade da comunidade herbácea

As trilhas podem funcionar também como ponto de entrada para espécies exóticas invasoras em ecossistemas até então conservados (Baret & Strasberg 2005, Potito & Beatty 2005). Além disso, essas aberturas na vegetação funcionam como corredores que facilitam a dispersão e o estabelecimento dessas espécies, por formarem linhas de habitat perturbado contínuo (Campbell & Gibson 2001, Nemeč *et al.* 2011). Dependendo da escala na qual essa invasão biológica ocorre, pode-se esperar uma alteração dos padrões florísticos da área invadida, por meio da diminuição da riqueza e de alterações estruturais, como demonstrado por Baret & Strasberg (2005) na ilha "La Réunion", pertencente ao arquipélago Mascarenho, no Oceano Índico. Esses mesmos autores também avaliaram como a largura da trilha é capaz de determinar o grau de invasão: trilhas mais largas permitem que maior intensidade de radiação solar chegue ao solo, favorecendo a ativação do banco de sementes de espécies invasoras. Diversos estudos sobre a composição desses bancos mostram o quão diferente pode ser a sua diversidade em relação à flora presente acima do solo (Hopfensperger 2007, Albrecht *et al.* 2011, Esmailzadeh *et al.* 2011); logo, a ativação desses estoques de sementes devido à abertura de trilhas provoca uma alteração local de diversidade e estrutura. Apesar de a invasão biológica ser uma questão importante em relação às trilhas por favorecer a entrada de espécies exóticas invasoras, trabalhos como o de Polito & Beatty (2005) mostraram que as trilhas funcionam mais como novos sítios para ocupação de espécies exóticas que já haviam se inserido no ecossistema antes da sua abertura.

Apesar de ser um tema importante para a conservação, há poucos estudos sobre os impactos causados pelas trilhas no Brasil, mesmo sendo esse o país neotropical com o maior número de publicações dedicadas ao tema (tabela 1). Segundo Takahashi (1998), as lacunas de estudo existentes sobre esse tipo de impacto podem ser, em parte, devido ao reconhecimento tardio dos impactos causados por elas em relação aos outros países, como os Estados Unidos. Lá, a preocupação com os impactos provocados pela atividade recreativa em áreas naturais vem ocorrendo desde a década de 1920 (Meinecke 1928 *apud* Lutz 1945), o que fomentou as pesquisas de Lutz (1945) e Cole (1985), sendo que esse último analisou o efeito do ecoturismo sobre a vegetação e o solo.

No Brasil, os primeiros estudos surgiram no final da década de 1990 (Takahashi 1998, Magro 1999) na

forma de teses e dissertações. Esses autores visaram selecionar os indicadores que melhor representassem o impacto da visitação nas trilhas da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Salto Morato (PR) e no Parque Nacional do Itatiaia (MG/RJ), respectivamente, e encontraram que a largura da trilha, a declividade e a textura do solo tiveram maior influência na intensidade dos impactos. Também no Parque Nacional do Itatiaia, Barros (2003), avaliando as condições dos impactos ecológicos e recreativos em trilhas e áreas de acampamento, encontrou alterações nas duas trilhas mais utilizadas desse Parque. Passold (2002) seguiu a mesma linha de pesquisa e desenvolveu um estudo visando selecionar indicadores de impacto recreacional para o monitoramento do uso público de áreas naturais, em especial trilhas, no Parque Estadual de Intervales (SP). O autor concluiu que a presença de serrapilheira, número de árvores com raízes expostas, área de vegetação degradada, número de trilhas não oficiais, presença de lixo e número de árvores danificadas foram os impactos mais relevantes.

Alberti & Morellato (2008) investigaram a influência da abertura de trilhas antrópicas e clareiras naturais na fenologia reprodutiva de *Gymnanthes concolor* (Spreng.) Müll.Arg. (Euphorbiaceae) e, ao contrário do previsto, concluíram que são necessários ambientes como trilhas largas ou clareiras grandes para que a luz incidente alcance níveis capazes de modificar significativamente a fenologia da espécie. Souza & Martos (2008) estudaram os impactos ambientais das trilhas na Floresta Nacional de Ipanema (SP), onde encontraram impactos de nível baixo a moderado, podendo ser minimizados por meio do manejo adequado das trilhas e da conscientização dos visitantes.

Trepadeiras e árvores foram objeto de investigações recentes na Floresta Atlântica *sensu lato*. Villagra (2008), avaliando possíveis efeitos de trilhas sobre a comunidade de trepadeiras no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), em São Paulo, encontrou maior diversidade de espécies em uma região no interior da mata, sem influência de trilhas. Porém, ao contrário do esperado, a diversidade de espécies na trilha de maior impacto foi maior do que a encontrada na trilha de médio impacto. Já Eisenlohr *et al.* (2009) estudaram os efeitos das trilhas em duas áreas no sudeste do Brasil - uma das quais o PEFI - e detectaram que a vegetação arbórea poderia ser sensível às modificações ambientais causadas pela abertura e utilização das trilhas, em termos estruturais

e florísticos. Uma dessas áreas foi novamente explorada, com maior detalhamento, por Eisenlohr *et al.* (2011), os quais encontraram diferentes tendências de composição e estrutura em relação à distância da trilha. Os mesmos autores admitiram, porém, ser difícil estabelecer uma relação causal entre a trilha e as mudanças florísticas, principalmente devido às respostas específicas do "efeito rastro".

Epífitas e herbáceas também foram contempladas em estudos recentes. Também no PEFI (SP), Santos *et al.* (2010) avaliaram possíveis influências de uma trilha sobre a composição florística e a diversidade da comunidade de epífitas vasculares. Ao contrário do esperado, esses autores não encontraram mudanças de padrões florísticos e de diversidade de espécies em resposta a um possível impacto da trilha. Porém, nos mesmos trechos desse estudo, Hirata *et al.* (2010) encontraram que as espécies do componente arbóreo separaram-se em grupos conforme o nível de exposição à trilha. Por sua vez, Maciel *et al.* (2011) estudaram as alterações na vegetação herbácea decorrentes do uso em uma trilha turística na Serra do Mar, no Estado de São Paulo. Foram encontradas diferenças significativas na cobertura vegetal, riqueza e abundância de espécies, de acordo com a distância em relação à borda da trilha. Além disso, a vegetação amostrada destacou famílias e espécies com características favoráveis à colonização de ambientes impactados por atividades antrópicas, como alta capacidade de regeneração ou reprodução vegetativa, maior afinidade à luz e eficiente dispersão de sementes.

Embora haja algumas limitações nos estudos feitos tanto no Brasil quanto no exterior, como, por exemplo, a ausência de partição entre as influências da trilha e de fenômenos como a autocorrelação espacial (explicada por Legendre & Fortin 1989) nas alterações da vegetação, o conjunto de pesquisas existentes, até o momento, mostra que as trilhas são realmente capazes de modificar os padrões florísticos em escala local, nas regiões adjacentes a elas. Essas alterações seriam influenciadas principalmente pela largura da trilha, assim como a sua frequência de uso e o tipo de vegetação presente. Além disso, as trilhas podem permitir a entrada e o estabelecimento de espécies exóticas invasoras, o que também altera os padrões florísticos em escala local. Porém, a influência das trilhas sobre a vegetação e como esse tipo de investigação pode ser utilizado na restauração ecológica de ecossistemas ainda não estão bem estabelecidos. Essas informações são importantes para

a conservação de ecossistemas e, por isso, deverão ser foco das próximas pesquisas envolvendo esses temas.

### **As trilhas dentro da perspectiva de manejo de áreas protegidas e de áreas em processo de restauração ecológica**

As trilhas representam uma ferramenta útil para o manejo de áreas protegidas, pois podem ser utilizadas para acessar áreas sob monitoramento ambiental e facilitar a vigilância em áreas de grande extensão (Ferreti & Britez 2006). Porém, setores ecologicamente sensíveis devem ser evitados, no intuito de se prevenir danos à fauna, flora e meio físico. Nesse sentido, trilhas devem ser cuidadosamente planejadas, incluindo as situações que envolvem áreas em processo de restauração ecológica, de modo a garantir sua sustentabilidade.

Segundo Lechner (2006), a sustentabilidade das trilhas é facilmente alcançada mediante uma abordagem integrada de seu manejo, considerando-se o planejamento, a construção, a manutenção, o monitoramento e a avaliação dos seus impactos. O planejamento de uma trilha deve observar os aspectos sociais e biofísicos do local, suas oportunidades e restrições, e as características dos seus usuários. Esses aspectos, como aponta Lechner (2006), incluem elementos como paisagem, oportunidades culturais e educacionais, acesso a áreas para caminhadas e acampamentos, e apoio a atividades de manejo. As restrições devem estar relacionadas com zoneamento ambiental, segurança dos visitantes, presença de espécies raras ou ameaçadas e fragilidade do ecossistema, entre outros.

Costa (2004) afirmou que as trilhas devem ser criteriosamente localizadas, planejadas, construídas e manejadas de modo a permitir a conservação dos recursos naturais e a manutenção de contatos com a natureza. Isso se justifica devido ao fato de que, quando a abertura de trilhas ocorre sem o adequado planejamento, elas podem ocasionar impactos significativos ao ambiente natural, conforme apontado ao longo da presente Revisão, sendo sua intensidade intimamente relacionada com o tipo de atividade ali praticada (Costa 2006b). Trilhas estabelecidas para práticas de esportes podem ocasionar uma profunda modificação da composição florística que, durante o processo de restauração passiva, passa pela substituição progressiva de espécies ruderais até retornar lentamente à presença de espécies nativas (por exemplo, em trilhas de esqui; ver Muller *et al.*

1998). O impacto do turismo em parques nacionais nos Estados Unidos, ocasionado por pisoteio contínuo em trilhas, por exemplo, tem refletido em preocupações do governo a fim de promover ações de proteção e restauração para manter a qualidade ambiental dessas áreas (Finnessey 2012).

Um impacto relacionado à abertura de trilhas e que muito comumente demanda projetos de recuperação e restauração de áreas degradadas é o efeito de borda. Considerando que a atual forma do Código Florestal prevê restauração em áreas rurais consolidadas, em faixas ciliares estreitas, entre 5 e 30 m de largura (Brasil 2012), os efeitos de borda já previstos nessas faixas (Garcia *et al.*, dados não publicados) poderão ser ainda mais agravados devido à ocorrência de trilhas.

O efeito de borda pode favorecer o aparecimento de espécies pioneiras e exóticas invasoras (Campbell & Gibson 2001). Atualmente, espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda maior ameaça à perda de biodiversidade (Drummond *et al.* 2005). Resultados obtidos por Campbell & Gibson (2001), em trilhas para recreação no sul do Estado de Illinois, EUA, mostraram que as espécies exóticas, principalmente as gramíneas, se concentram na borda e na transição entre a trilha e a floresta. Considerando que a invasão por espécies exóticas é um dos principais problemas que comprometem o processo de restauração e que frequentemente ocorre em áreas ripárias em restauração (D'Antonio & Meyerson 2002, Richardson *et al.* 2007), o efeito causado por trilhas que facilitam a emergência do banco de sementes ou a entrada de espécies exóticas deverá ser considerado nos projetos de restauração. Portanto, a implantação de trilhas em projetos de restauração deve levar em conta tanto os efeitos negativos das mesmas, quanto os efeitos positivos que as trilhas podem trazer.

Alguns dos atributos associados com o sucesso da restauração são o envolvimento e a participação local (Le *et al.* 2012). Essa ocupação humana dentro dos projetos de restauração poderá ter efeitos opostos. Em alguns casos, nota-se que o acesso de pessoas, facilitado por trilhas, em áreas em processo de restauração leva ao uso indiscriminado da área, podendo funcionar como área de despejo clandestino, depósito de lixo (Zanella *et al.* 2010) e uso de fogo (Ignácio *et al.* 2007), incluindo também crimes e usos de drogas ilícitas. Por outro lado, caso a comunidade envolva-se no processo de restauração e que frequente

a região por meio de trilhas, as pessoas podem tornar-se fortes agentes de fiscalização, cuidando da área, acionando o órgão público responsável pela segurança pública e ambiental durante eventos de incêndio, crimes ambientais, dentre outros. Desse modo, a permeabilidade humana dentro de áreas em restauração através de acesso por trilhas será um forte aliado na condução do processo de restauração, uma vez que o mesmo precisa de monitoramento periódico para que o sucesso possa ser atingido.

O conceito de que 'quem conhece, preserva' é um forte aliado à implantação de trilhas que tenham como foco as espécies nativas (Rodrigues & Gandolfi 2007), tanto em remanescentes de vegetação quanto em áreas em processo de restauração. Dentro de programas de adequação ambiental, uma das recomendações é a marcação de matrizes para a coleta de sementes. Essas matrizes podem ser marcadas tanto em áreas naturais quanto em áreas restauradas, nos casos em que essas já tenham indivíduos em idade reprodutiva. Uma das maneiras de se planejar essa marcação é o uso de trilhas que terão os indivíduos arbóreos plaqueados, identificados e cuja fenologia será acompanhada. Em uma situação como essa, trilhas interpretativas e educativas poderão auxiliar a inserção das pessoas da comunidade do entorno a frequentarem essas áreas em restauração. Por exemplo, em trabalhos de campo com objetivos didáticos, pode-se marcar as espécies com placas distintas de acordo com o grupo sucessional (pioneiras, secundárias e climácicas) e utilizar esses indivíduos como ilustração de como se planeja e do que se espera durante o processo de restauração. Outra forma interessante de enriquecer a experiência didática em uma trilha em áreas em restauração seria por meio da marcação de matrizes para acompanhamento fenológico e coleta de sementes, com posteriores explicações de beneficiamento dos propágulos. O envolvimento da comunidade em situações como as descritas acima poderá levar as pessoas a conhecerem mais sobre as espécies que se espera reintroduzir, a época de frutificação e como essas sementes deverão ser coletadas e utilizadas para que venham constituir uma vegetação restaurada.

Segundo Reis & Kageyama (2003), a restauração ecológica de ecossistemas degradados representa uma atividade básica para a conservação *in situ*, refazendo comunidades naturais e estabelecendo corredores entre fragmentos de vegetação nativa. Portanto, é possível e devemos nos preocupar em abordar as trilhas nos projetos de recuperação e restauração de ambientes

degradados, pois, desde que sejam planejadas e monitoradas, as trilhas podem ser importante instrumento para a conservação de uma área natural, uma vez que propiciam ao ser humano a oportunidade de contato com o meio ambiente tornando-o agente participativo e favorável à restauração.

### **Perspectivas futuras: o que ainda precisamos compreender sobre a relação entre trilhas, vegetação e restauração de ecossistemas?**

Apesar da importância das trilhas para a conservação de ecossistemas, nota-se dificuldade em se encontrar trabalhos sobre os impactos ecológicos do uso público das trilhas em áreas naturais no Brasil. Além disso, a quase totalidade dos estudos foi realizada em área de Floresta Atlântica, o que indica a necessidade de se conduzir essas investigações também em outros biomas brasileiros. Assim, torna-se clara a demanda por trabalhos sobre a adequação das metodologias de avaliação e monitoramento dos impactos do uso das trilhas no Brasil, bem como a adoção de medidas de manejo, tais como o controle do número de visitantes e da largura das trilhas, e remoção das espécies exóticas invasoras. Futuros resultados de estudos conduzidos em ambientes naturais poderão ser aplicados no planejamento e instalação de trilhas em ambientes restaurados ou em processo de restauração ecológica.

Por fim, acreditamos que algumas questões importantes a serem respondidas por trabalhos futuros em trilhas relacionadas à vegetação são: i) Quais conjuntos de variáveis bióticas poderiam responder consistentemente a um possível efeito de trilha: aspectos reprodutivos e ecofisiológicos, interações inter e intraespecíficas, densidade e diversidade de espécies? ii) Variáveis abióticas, como nível de compactação do solo, poderiam ajudar a elucidar a influência das trilhas em outros biomas brasileiros além da Floresta Atlântica? iii) É possível conciliar o uso de trilhas na Educação Ambiental com o controle do efeito de borda causado por trilhas? iv) Os efeitos de trilhas em áreas em restauração são mais benéficos ou mais prejudiciais ao processo de restauração? v) As influências nos padrões da vegetação resultantes da implantação de trilhas em ambientes naturais são semelhantes em relação às trilhas instaladas em ambientes que passaram por restauração ecológica? Além disso, é necessário definir estratégias para separar o efeito de uma trilha de outros efeitos que

poderiam estar causando alterações nos padrões da vegetação e incentivar estudos de dinâmica ao longo de trilhas, objetivando estudar o impacto que a trilha provoca no ambiente ao longo do tempo.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo suporte financeiro.

### **Literatura citada**

- Alberti, L.F. & Morellato, P.C.** 2008. Influência da abertura de trilhas antrópicas e clareiras naturais na fenologia reprodutiva de *Gymnanthes concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae). Revista Brasileira de Botânica 31: 53-59.
- Albrecht, H., Eder, E., Langbehn, T. & Tschiersch, C.** 2011. The soil seed bank and its relationship to the established vegetation in urban wastelands. Landscape and Urban Planning 100: 87-97.
- Amaral, A.G. & Munhoz, C.B.R.** 2007. Planejamento do traçado de uma trilha interpretativa através da caracterização da Flora do Parque Ecológico e de uso múltiplo Águas Claras, DF. Revista Brasileira de Biociências 5: 639-641.
- Antonelli, A. & Sanmartín, I.** 2011. Why are there so many plant species in the Neotropics? Taxon 60: 403-414.
- Balmford, A., Beresford, J., Green, J., Naidoo, R., Walpole, M. & Manica, A.** 2009. A global perspective on trends in nature-based tourism. Plos Biology 7: e1000144.
- Baret, S. & Strasberg, D.** 2005. The effects of opening trails on exotic plant invasion in protected areas on La Réunion Island (Mascarene Archipelago, Indian Ocean). Revue d'Ecologie - La Terre et La Vie 60: 325-332.
- Barros, M.I.A.** 2003. Caracterização da visitação, dos visitantes e avaliação dos impactos ecológicos e recreativos do planalto do Parque Nacional do Itatiaia. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Boucher, D.H., Aviles, J., Chepote, R., Gil, O.E.D. & Vilchez, B.** 1991. Recovery of trailside vegetation from trampling in a Tropical Rain Forest. Environmental Management 15: 257-262.
- Brasil.** 2012. Lei 12.561, de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> (acesso em 07.08.13).
- Bruhns, H.** 2010. O ecoturismo e mito da natureza intocada. Acta Scientiarum. Human and Social Science 60: 157-164.

- Campbell, J.E. & Gibson, D.J.** 2001. The effect of exotic species transported via horse dung on vegetation along trail corridors. *Plant Ecology* 157: 23-35.
- Campos, R.F. & Filleto, F.** 2011. Análise do perfil, da percepção ambiental e da qualidade da experiência dos visitantes da Serra do Cipó (MG). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 69-94.
- Campos, R.F., Vasconcelos, F.C.W. & Félix, L.A.G.** 2011. A importância da caracterização dos visitantes nas ações de ecoturismo e Educação Ambiental do Parque Nacional da Serra do Cipó/MG. *Turismo em Análise* 22: 397-427.
- Carvalho, J. & Bóçon, R.** 2004. Planejamento do traçado de uma trilha interpretativa através da caracterização florística. *Revista Floresta* 34: 23-32.
- Cifuentes, M.** 1992. Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- Coelho, F.J.** 2011. Ecoturismo em questão: possibilidades de interpretação ambiental e desenvolvimento sustentável na Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa de Iriry, Rio das Ostras (RJ). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 59-68.
- Cole, D.N.** 1978. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alteration. *The Journal of Applied Ecology* 15: 281-286.
- Cole, D.N.** 1985. Recreational trampling effects on six habitat types in Western Montana. USDA Forest Service/Research Paper INT-350.
- Cole, D.N.** 1987. Effects of three seasons of experimental trampling on five montane forest communities and a grassland in Western Montana, USA. *Biological Conservation* 40: 219-244.
- Cole, D.N. & Marion, J.L.** 1988. Recreation impacts in some Riparian Forests of the Eastern United States. *Environmental Management* 12: 99-107.
- Comita, L.S. & Goldsmith, G.R.** 2008. Impact of research trails on seedling dynamics in a Tropical Forest. *Biotropica* 40: 251-254.
- Costa, S.M.** 2004. Contribuição metodológica ao estudo da Capacidade de Carga Turística em áreas preservadas: o caso da unidade de conservação do Gericinó-Mendanham (RJ). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Costa, V.C.** 2006a. Proposta de manejo e planejamento ambiental de trilhas ecoturísticas: um estudo no Maciço da Pedra Branca - município do Rio de Janeiro (RJ). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Costa, V.C.** 2006b. Planejamento e Manejo de Trilhas. In: I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas, Rio de Janeiro.
- Costa, V.C., Triane, B.P. & Costa, N.M.C.** 2008. Impactos ambientais em trilhas: agricultura × Ecoturismo - um estudo de caso na Trilha do Quilombo (PEPB - RJ). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 1: 84-113.
- Dale, D. & Weaver, T.** 1974. Effects on vegetation of the trail corridors on rocky mountain forests. *Journal of Applied Ecology* 11: 767-772.
- D'Antonio, C. & Meyerson, L.A.** 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology* 10: 703-713.
- Drummond, G.M., Martins, C.S., Machado, A.B.M., Sebaio, F.A. & Antonini, Y.** 2005. Biodiversidade em Minas Gerais, um atlas para sua conservação. Fundação Biodiversistas, Belo Horizonte.
- Duffey, E.** 1975. The effects of human trampling on the fauna of grassland litter. *Biological Conservation* 7: 255-274.
- Dupuy, J.M. & Chazdon, R.L.** 2008. Interacting effects of canopy gaps, understory vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests. *Forest Ecology and Management* 255: 3716-3725.
- Dybizinski, R. & Tilman, D.** 2012. Seed and microsite limitation on a late-successional old field: the effects of water, adults, litter, and small mammals on seeds and seedlings. *Plant Ecology* 213: 1003-1013.
- Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F. & Silva, A.V.** 2009. Trilhas afetam comunidades arbóreas florestais? Dois levantamentos na Floresta Atlântica do sudeste brasileiro. *Hoehnea* 36: 293-302.
- Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F., Silva, M.R., Schmal, P., Ferreira-Júnior, W.G., Dias, A.S. & Silva, A.F.** 2011. Floristic variations in a woody plant community along a trail in a Semideciduous Seasonal Forest, Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea* 38: 61-71.
- Esmailzadeh, O., Hosseini, S.M., Tabari, M., Baskin, C.C. & Asadi, H.** 2011. Persistent soil seed banks and floristic diversity in *Fagus orientalis* forest communities in the Hyrcanian region of Iran. *Flora* 206: 365-372.
- Farrell, T.A. & Marion, J.L.** 2001. Identifying and assessing ecotourism visitor impacts at eight protected areas in Costa Rica and Belize. *Environmental Conservation* 28: 215-225.
- Ferreti, A. & Britez, R.M.** 2006. Ecological restoration, carbon sequestration and biodiversity conservation: the experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil. *Journal for Nature Conservation* 14: 249-259.
- Figueiredo, S.L., Nóbrega, W., Bahia, M. & Piani A.** 2012. Planificación y gestión de las visitas al patrimonio natural y cultural e los atractivos turísticos. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 21: 355-371.
- Finnessey, L.** 2012. The Negative Effects of Tourism on National Parks in the United States. Tese de Bacharelado, Johnson & Wales University, Providence.
- Fonseca Filho, R.E., Varajão, A.F.D.C. & Figueiredo, M.A.** 2011. Qualidade do solo como um atributo para uma metodologia de manejo de trilhas do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 508.

- Goldsmith, G.R., Comita, L.S., Morefield, L.L., Condit, R. & Hubbell, S.P.** 2006. Long-term research impacts on seedling community structure and composition in a permanent forest plot. *Forest Ecology and Management* 234: 34-39.
- González-Gaudiano, E. & Lorenzetti, L.** 2009. Investigação em Educação Ambiental na América Latina - mapeando tendências. *Educação em Revista* 25: 191-211.
- Gualtieri-Pinto, L., Oliveira, F.F., Andrade M.A., Pedrosa H.F., Santana, W.A. & Figueiredo, M.A.** 2008. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. *Revista E-scientia* 1. <http://revistas.unibh.br/index.php/dcbas/article/view/119> (acesso em 08.06.2013).
- Hall, C.N. & Kuss, F.R.** 1989. Vegetation alteration along trails in Shenandoah National Park, Virginia. *Biological Conservation* 48: 211-227.
- Hamberg, L., Lehvävirta, S. & Kotze, D.J.** 2009. Forest edge structure as a shaping factor of understory vegetation in urban forests in Finland. *Forest Ecology and Management* 259: 712-722.
- Harper, K.A., Macdonald, S.E., Burton, P.J., Chen, J., Brososke, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E.S., Roberts, D., Jaiteh, M.S. & Esseen, P.** 2005. Edge Influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19: 768-782.
- Hirata, J.K.R., Melo, M.M.R.F. & Eisenlohr, P.V.** 2010. Padrões florísticos do componente arbóreo sob interferência de trilhas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Transição em São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea* 37: 555-570.
- Hopfensperger, K.N.** 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116: 1438-1448.
- Ignácio, E.D., Attanasio, C.M. & Toniato, M.T.Z.** 2007. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. *Revista do Instituto Florestal* 19: 137-148.
- Ikemoto, S.M., Moraes, V.C. & Costa, V.C.** 2009. Avaliação do potencial interpretativo da Trilha do Jequitibá, Parque Estadual dos Três Picos, Rio de Janeiro. *Sociedade & Natureza* 21: 271-287.
- Jordan III, W.R.** 2003. *The sunflower forest: ecological restoration and the new communion with nature.* University of California Press, Berkeley.
- Kawasaki, C.S. & Carvalho, L.M.** 2009. Tendências da Pesquisa em Educação Ambiental. *Educação em Revista* 25: 143-157.
- Kuss, F.R.** 1986. A review of major factors influencing plant responses to recreation impacts. *Environmental Management* 10: 637-650.
- Le, D.H., Smith, C., Herbohn, J. & Harrison, S.** 2012. More than just trees: Assessing reforestation success in tropical developing countries. *Journal of Rural Studies* 28: 5-19.
- Lechner, L.** 2006. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. *Cadernos de Conservação. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza* 3: 1-123.
- Legendre, P. & Fortin, M.J.** 1989. Spatial patterns and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- Liddle, M.J.** 1975. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation* 7: 17-36.
- Lobo, H.A.S., Fonseca Filho, R.E. & Galvão, V.** 2011. Capacidade de carga turística: onde estamos e para onde vamos? *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 507.
- Lorenzetti, L.** 2008. *Estilos de pensamento em Educação Ambiental: uma análise a partir das dissertações e teses.* Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Lutz, H.J.** 1945. Soil condition of picnic grounds in public forest parks. *Journal of Forestry* 43: 121-127.
- Maciel, L.A., Siles, M.F.R. & Bitencourt, M.D.** 2011. Alterações na vegetação herbácea de floresta ombrófila densa decorrentes do uso em uma trilha turística na Serra do Mar em São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 628-632.
- Magro, T.C.** 1999. *Impactos do Uso Público Em uma Trilha no Parque Nacional do Itatiaia.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Marion, J.L. & Cole, D.N.** 1996. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites. *Ecological Applications* 6: 520-530.
- Marion, J.L. & Olive, N.** 2006. *Assessing and understanding trail degradation: results from Big South Fork National River and recreational area.* USGS Patuxent Wildlife Research Center, Virginia.
- Melo, F.P.L., Martínez-Salas, E., Benítez-Malvido, J. & Ceballos, G.** 2010. Forest fragmentation reduces recruitment of large-seeded tree species in a semi-deciduous tropical forest in southern Mexico. *Journal of Tropical Biology* 26: 35-43.
- Muller, S., Dutoit, T., Allard, D. & Grevilliot, F.** 1998. Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology* 6: 94-101.
- Murcia, C.** 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree* 10: 58-62.
- Nemec, K.T., Allen, C.R., Alai, A., Clements, G., Kessler, A.C., Kinsell, T., Major, A. & Stephen, B.J.** 2011. Woody invasion of urban trails and the changing face of urban forests in the great plains, USA. *The American Midland Naturalist* 165: 241-256.
- Olive, N.D. & Marion, J.L.** 2009. The influence of use related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails. *Journal of Environmental Management* 90: 1483-1493.
- Passold, A.J.** 2002. *Seleção de indicadores para o monitoramento do uso público em áreas naturais.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Pato, C., Sá, L.M. & Catalão, V.L.** 2009. Mapeamento de tendências na produção acadêmica sobre Educação Ambiental. *Educação em Revista* 25: 213-233.
- Pickering, C.M. & Hill, W.** 2007. Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia. *Journal of Environmental Management* 85: 791-800.
- Pirolí, E.L. & Santos, V.R.** 2010. Educação Ambiental aplicada como instrumento de integração universidade-sociedade: experiências em Rosana-SP. *Revista Ciência em Extensão* 6: 138-151.
- Potito, A.P. & Beatty, S.W.** 2005. Impact of recreation trails on ruderal and exotic species distribution in grassland areas along the Colorado front range. *Environmental Management* 36: 230-236.
- Projeto Doces Matas.** 2002. Brincando e aprendendo com a mata: manual para excursões guiadas. Belo Horizonte.
- Pütz, S., Groeneveld, J., Alves, L.F., Metzger, J.P. & Huth, A.** 2011. Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: A modeling study for Brazilian Atlantic Forests. *Ecological Modelling* 222: 1986-1987.
- Rachwal, M.F.G., Carvalho, P.E.R. & Withers, L.H.O.** 2007. Educação Ambiental na Trilha Ecológica da Embrapa Florestas. Embrapa Florestas, Colombo.
- Reis A. & Kageyama P.Y.** 2003. Restauração de áreas degradadas utilizando interação interespecíficas. In: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (orgs.). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. FEPAF, Botucatu, pp. 90-110.
- Richardson, D.M., Holmes, P.M., Esler, K.J., Galatowitsch, S.M., Stromberg, J.C., Kirkman, S.P., Pysek, P. & Hobbs, R.J.** 2007. Riparian vegetation: degradation alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139.
- Rodolfo, A.M., Cândido Jr., J.F., Temponi, L.G. & Gregorini, M.Z.** 2008a. *Citrus aurantium* L. (laranja-apêçu) e *Hovenia dulcis* Thunb (uva-do-japão): espécies exóticas invasoras da trilha do Poço Preto no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 6: 16-18.
- Rodolfo, A.M., Temponi, L.G. & Cândido Jr., J.F.** 2008b. Levantamento de plantas exóticas na trilha do Poço Preto, Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 6: 22-24.
- Rodrigues, R.R. & Gandolfi, S.** 2007. Restoration actions. In: R.R. Rodrigues, S.V. Martins & S. Gandolfi (ed.). *High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil*. Nova Science Publishers, pp. 77-102.
- Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Nave, A.G. & Attanasio, C.M.** 2007. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Pesquisa Florestal Brasileira* 55: 7-21.
- Roncero-Siles, M.F.** 2008. Efeitos do pisoteio humano experimental sobre a vegetação em fragmentos de Floresta Pluvial Tropical Atlântica, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Roovers, P., Baeten, S. & Hermy, M.** 2004. Plant species variation across path ecotones in a variety of common vegetation types. *Plant Ecology* 170: 107-119.
- Santos, A.A.** 2011. Parques Nacionais Brasileiros: relações entre Planos de Manejo e a atividade ecoturística. *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 141-162.
- Santos, A.C.L., Melo, M.M.R.F. & Eisenlohr, P.V.** 2010. Trilhas podem influenciar a composição florística e a diversidade de epífitas na Floresta Atlântica? *Hoehnea* 37: 743-754.
- SER. Society for Ecological Restoration International.** 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org (acesso em 03.08.13).
- Silva, L.O. & Figueiredo, L.A.V.** 2011. Racionalidades e sensibilidades em trilhas interpretativo-perceptivas: promovendo ações formativas de Educação Ambiental na Vila de Paranapiacaba-Santo André (SP). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 4: 25-58.
- Souza, P.C. & Martos, H.L.** 2008. Estudo do uso público e análise ambiental das trilhas em uma unidade de conservação de uso sustentável: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó - SP. *Revista Árvore* 32: 91-100.
- Sun, D. & Walsh, D.** 1998. Review of studies on environmental impacts of recreation and tourism in Australia. *Journal of Environmental Management* 53: 323-338.
- Tabarelli, M., Peres, M.C.A. & Melo, F.P.L.** 2012. The "few winners and many losers" paradigm revisited: emerging prospects for tropical forest diversity. *Biological Conservation* 155: 136-140.
- Takahashi, L.Y.** 1998. Caracterização dos visitantes, suas preferências e percepções e avaliação dos impactos da visitação pública em unidades de conservação do Estado do Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Törn, A., Tolvanen, A., Norokorpi, Y., Tervo, R. & Siikamäki, P.** 2009. Comparing the impacts of hiking, skiing and horse riding on trail and vegetation in different types of forest. *Journal of Environmental Management* 90: 1427-1434.
- Villagra, B.L.P.** 2008. Diversidade florística e estrutura da comunidade de plantas trepadeiras no Parque Estadual Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Wallin, T.R. & Harden, C.P.** 1996. Estimating trail-related soil erosion in the Humid Tropics: Jatun Sacha, Ecuador, and La Selva, Costa Rica. *Ambio* 25: 517-522.
- Whittaker, R.H.** 1975. *Communities and ecosystems*. 2 ed. Macmillan, New York.
- Wimpey, J.F. & Marion, J.L.** 2010. The influence of use, environmental and managerial factors on the width of recreational trails. *Journal of Environmental Management* 91: 2028-2037.
- Zanella, N.R.Z., Prudencio, M. & Castellani, T.T.** 2010. Análise da cobertura vegetal em duna semifixa dez anos após a aplicação de técnicas de restauração no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina. *Biotemas* 23: 49-58.