



Degradação de trilhas na Reserva Ecológica da Juatinga em Paraty – Rio de Janeiro

doi: [10.4136/ambi-agua.1434](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1434)

Received: 19 Jun. 2014; Accepted: 10 Sep. 2014

Luana de Almeida Rangel* ; Antonio José Teixeira Guerra

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Departamento de Geografia

*Autor correspondente: e-mail: luarangel@ufrj.br,
antoniotguerra@gmail.com

RESUMO

A utilização de trilhas em áreas de reserva ecológica pode acarretar diversos impactos, quando não for feito planejamento e implementação adequados. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os impactos e a degradação de duas trilhas (Laranjeiras-Praia do Sono e Praia do Sono-Praia de Antigos) no sul da Reserva Ecológica da Juatinga (REJ), em Paraty (RJ). Foram analisados os índices de agregação e os teores de matéria orgânica do solo, bem como, foram observadas a presença de áreas degradadas. Os resultados obtidos mostram que a trilha Praia do Sono-Praia de Antigos está muito degradada, pois apresenta índice de agregação do solo inferior a 1 mm, e teores de matéria orgânica menores que a 3,5%. Além disso, a presença de ravinas é constante. Conclui-se que deve ser feita a recuperação dessas áreas mais impactadas com a utilização de técnicas de manejo adequadas, como canaletas de drenagem para orientar o fluxo de água e a aplicação de geotêxteis para recuperar o talude e a vegetação.

Palavras-chave: agregação do solo, erosão hídrica, feições erosivas, Floresta Atlântica.

Trail degradation in Juatinga Ecological Reserve, municipality of Paraty - Rio de Janeiro State

ABSTRACT

Without proper planning, the use of trails in ecological reserves may result in various negative impacts. This research therefore evaluated the impacts and degradation of two trails (*Laranjeiras-Praia do Sono* and *Praia do Sono-Praia de Antigos*) in southern Juatinga Ecological Reserve in Paraty, Rio de Janeiro State. To accomplish this, the study analyzed the rate of aggregation and the organic matter content of the soil; the presence of degraded areas was also observed. The results indicated that the *Laranjeiras-Praia do Sono* trail is rather degraded, and has a low rate of soil aggregation at less than 1 mm with organic matter content lower than 3.5%; it also has several ravine erosions. The study concluded that the degraded areas should be reclaimed through the use of drainage channels to control water flow and through the use of geotextiles to protect the slope and vegetation.

Keywords: Atlantic Forest, erosive features, hydric erosion, soil aggregation.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação social com relação à utilização dos recursos naturais tem contribuído para o desenvolvimento de estudos que colaboraram para criação de um pensamento que tem no ambiente o objeto de reflexão. A partir disso, conhecer as potencialidades e fragilidades de determinada área, como oferta de recursos naturais, ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa, facilita a elaboração desses estudos e a conservação do meio ambiente.

O fato é que o conceito de Unidade de Conservação (UC) passou a agregar a função de instrumento de recursos naturais e de gestão territorial, adotando desde a proteção integral da natureza, até a gestão ordenada do território e dos recursos que o ser humano pode obter dos ecossistemas.

Antes da criação do SNUC (2000), existia uma categoria de área protegida chamada Reserva Ecológica, porém após sua criação, essa categoria foi extinta. No decreto de criação fica determinado que as Reservas Ecológicas são: “*áreas de preservação permanente, públicas ou particulares, que tem por finalidade manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos da conservação ambiental*” (Brasil, 1984).

Conforme estabelecido, haveria necessidade de reclassificação das antigas nomenclaturas ao novo sistema. Entretanto, nem todas as denominações foram modificadas pelos governos. Um desses casos é o da Reserva Ecológica da Juatinga/RJ, Unidade de Conservação estadual e objeto deste estudo.

Quando a utilização de UC é feita sem planejamento podem ocorrer impactos negativos e degradação do ambiente natural. Cunha e Guerra (2006) destacam que a degradação é considerada um problema social, uma vez que os processos naturais, que ocorrem com e sem a interferência humana (por exemplo: erosão, movimentos de massa e cheias), para serem identificados como “degradação” são carregados de critérios sociais, porque relacionam as terras aos seus usos em curso.

Segundo Araújo et al. (2013), a redução de potenciais recursos renováveis causada por combinações de processos que agem sobre as terras leva à sua degradação. A degradação do solo é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela NBR 10703, como a “*alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais*” (ABNT, 1989).

Sendo assim, a atividade turística, com utilização das trilhas, pode provocar degradação do solo. Andrade (2005) destaca que: “*as trilhas são os únicos meios de acesso às Unidades de Conservação e que elas oferecem oportunidade do contato efetivo com a natureza*”. Sendo assim, as trilhas no interior das UCs podem impactar não só a dinâmica do solo, mas também, o ecossistema como um todo.

Pode-se pensar que a implantação de trilhas não influencia na dinâmica da paisagem e do ecossistema, devido as suas dimensões pouco expressivas, no entanto, trilhas instaladas em locais mais propensos à degradação, sob uso intensivo e sem manejo podem, comprometer os objetivos gerais das UCs (Kroeff, 2010).

Nessa conjectura, o monitoramento da qualidade do solo, isto é, da capacidade que um determinado tipo de solo apresenta para desempenhar funções relacionadas à sustentação da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde de plantas e animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana, é fundamental para que haja a adoção de práticas de manejo que ajudem na conservação do mesmo (Doran e Parkin, 1994).

Neste sentido, a utilização de indicadores de qualidade do solo é considerada como relevante, pois, possibilita o monitoramento de impactos, positivos ou negativos, de

fenômenos naturais ou de ações antrópicas (Arshad e Martin, 2002), pensando-se na sustentabilidade ambiental, agrícola e econômica.

Os índices de agregação avaliados pela estabilidade em água (Yoder, 1936) podem ser considerados indicadores de qualidade do solo. Nesse sentido, podem ser usados: o diâmetro médio geométrico (DMG), que é uma estimativa do tamanho médio dos agregados que mais ocorrem no solo, o diâmetro médio ponderado (DMP), que é tanto maior quanto maior for a percentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores e o índice de estabilidade de agregados (IEA), que é uma medida da agregação total, sem considerar as classes de distribuição de tamanho dos agregados, que pode refletir na resistência do solo à erosão (Castro Filho et al., 1998).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivos avaliar os impactos e a degradação do solo ocasionada pela utilização de trilhas na Reserva Ecológica da Juatinga (REJ), visando à melhor gestão da área e à conservação de fragmentos de Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

A Reserva Ecológica da Juatinga possui 8.000 hectares e está situada no município de Paraty, no litoral Sul do estado do Rio de Janeiro. Ela foi criada pelo decreto Estadual nº 17.981, de 30 de outubro de 1992 e tem como principal objetivo promover o fomento da cultura caiçara residente na REJ, compatibilizando seu modo de vida e a utilização dos recursos naturais com a conservação ambiental.

Rangel e Guerra (2013, p. 793) destacam que *“a REJ possui condições especiais na sua criação, por ser uma área com intensos conflitos fundiários, onde a população caiçara sofre ameaças de grileiros e a ocupação irregular vem crescendo ao longo do tempo”*.

A região da REJ destaca-se pela topografia acidentada, caracterizada por elevadas altitudes e amplitudes das formas de relevo, derivado do contraste entre o domínio de escarpas e reversos da Serra do Mar com a planície costeira, gerando elevações que se estendem do nível do mar até cotas superiores a 1.000 metros (Guerra et al., 2013).

O arcabouço geológico é formado predominantemente por granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico-Granitóide de idade proterozóica, os quais se associam sedimentos de idade cenozóica. O tipo de solo predominante na REJ é o Cambissolo Háplico, ocupando quase toda a escarpa da Serra do Mar. Os outros tipos de solos presentes são associações de Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Húmico (ICMBio, 2004).

A classificação climática regional desta área corresponde ao tipo de clima tropical úmido, com sazonalidade no regime das precipitações (estação chuvosa x seca), onde no município de Paraty, a pluviosidade anual varia entre 768 a 2.045 mm (ICMBio, op. cit.).

Há predominância no domínio de floresta ombrófila densa, ocorrendo também floresta de restinga e manguezal. Por toda região encontra-se também vegetação que já foi alterada anteriormente em diferentes estágios sucessionais, como campos de ocupação agropecuária, capoeiras e vegetação secundária (Marques, 1997).

As trilhas Laranjeiras-Praia do Sono e Praia do Sono-Praia de Antigos estão localizadas no sul da REJ e foram escolhidas por apresentar grande fluxo de visitantes e grandes apelos ao ambiente natural (Figura 1).

A trilha Laranjeiras-Praia do Sono (início: 23°19'50.91”S e 44°39'39.68” O; término: 23°19'51.98”S e 44°38'18.19”) - que possui um trecho na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - possui aproximadamente 3 km de extensão e está inserida em ambiente de floresta ombrófila densa, em estágio avançado de sucessão. Porém, em alguns trechos, é possível observar mudança na vegetação, com a presença de gramíneas e de vegetação arbustiva, isso ocorre principalmente em encostas degradadas.

Já a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos (início: 23°20'14.12"S e 44°37'41.51" O; término: 23°20'19.42"S e 44°37'27.49") está totalmente inserida na REJ e possui extensão de aproximadamente 600 metros, a vegetação predominante é arbustiva e está localizada em uma encosta com declividade de aproximadamente 40°, evidenciando diversas feições erosivas e áreas degradadas provocadas pela concentração do fluxo de água.

Além do acesso as praias, as trilhas proporcionam contato direto com fragmentos de Mata Atlântica e possibilitam uma visão privilegiada da Praia do Sono.

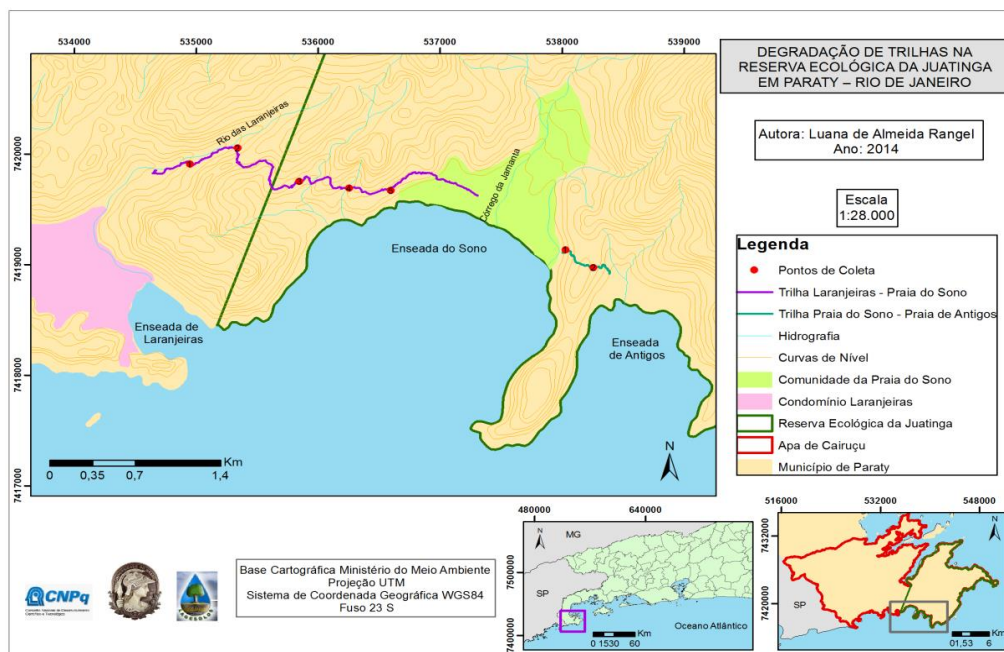


Figura 1. Localização da Reserva Ecológica da Juatinga e dos pontos de coleta nas trilhas analisadas.

Fonte: Modificado de Rangel et al. (2013).

2.2. Análises laboratoriais

Foram coletadas amostras de solo na área de trilha e na área de borda da trilha, em três repetições na profundidade de 0-10 cm, em cinco pontos na trilha Laranjeiras – Praia do Sono e em dois pontos na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos. As coletas foram feitas nos meses de setembro e outubro de 2012.

Seguiu-se o que foi proposto por Leung e Marion (1999), que concluem que o intervalo ideal das amostragens é de até 100 metros para se atingir a máxima acurácia, sendo que intervalos entre 100 e 600 metros são recomendados para se atingir um balanço apropriado entre acurácia e eficiência.

Para analisar os índices de agregação do solo, que refletem a quebra do agregado e, portanto, o efeito do pisoteio nas trilhas, foi utilizado o método proposto por Yoder (1936) de estabilidade de agregados em água. Assim, foram coletados blocos de solo, que depois de quebrados e homogêneos em peneiras de 4 mm e 2 mm, foram transferidas para o aparelho de Yoder, adaptado com peneiras de malhas de 2,0, 1,0, 0,5, 0,25 e 0,125 mm de abertura. As amostras oscilaram durante 15 minutos, com aproximadamente 32 rotações por minuto (Embrapa, 1997). Após o término das oscilações, o conteúdo retido em cada uma das peneiras foi levado à estufa a 105° C durante 24 horas.

Após pesados, os valores obtidos nos peneiramentos são usados para cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), por meio das equações modificadas por Castro Filho et al. (1998) de Kemper e Rosenau (1986): onde o DMP é obtido pela Equação 1.

$$DMP (mm) = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i), \quad (1)$$

em que:

w_i = proporção (%) de cada classe em relação ao total; e

x_i = diâmetro médio das classes.

O DMG é obtido pela Equação 2.

$$DMG (mm) = \exp \frac{\sum w_i \ln x_i}{\sum w_i}, \quad (2)$$

em que:

w_i = proporção (%) de cada classe em relação ao total; e

x_i = diâmetro médio das classes.

O IEA é obtido pela Equação 3.

$$IEA (\%) = \frac{\text{peso total dos agregados} - \text{peso dos agregados} < 0,25 \text{ mm}}{\text{peso da amostra seca}} \times 100 \quad (3)$$

A análise dos teores de matéria orgânica foi feita a partir da utilização dos macroagregados (>0,25 mm) e microagregados (<0,25 mm) do solo. Foram utilizados dois métodos, o de queima de matéria orgânica no forno mufla (Ball, 1964) – que superestima os resultados – e o de oxidação por dicromato de potássio (EMBRAPA, 1997) – que subestima os resultados – portanto, foi feita a média entre os valores encontrados em cada método.

O método de queima consiste em levar os agregados do solo ao forno mufla em temperatura de 375°C durante 16 horas. Passado este período, os cadinhos com as amostras são retirados do forno, novamente deixados resfriar no dessecador, para não ganhar umidade, e os novos pesos foram registrados. Assim é possível determinar a porcentagem de matéria orgânica no solo, por meio da Equação 4.

$$MO = \frac{100 \times (b-a)}{b} \quad (4)$$

em que:

MO = porcentagem de matéria orgânica;

a = peso (g) do solo seco a 375°C (g) e

b = peso (g) do solo antes de ser levado a mufla.

Para o método de oxidação, são pesadas 0,5 gramas de solo que são tituladas com o dicromato de potássio, ácido ortofosfórico e sulfato ferroso amoniacal. Quando a coloração azul desaparece, cedendo lugar à verde, deve ser anotado o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto. Assim, o teor de Carbono Orgânico (g/kg) é obtido pela Equação 5.

$$C = (40 - v) \times f \times 0,6 \quad (5)$$

em que:

C = carbono,

f = volume do sulfato ferroso gasto na prova em branco e

v = volume gasto (ml).

A percentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Trilha Laranjeiras – Praia do Sono

Na trilha foram observados pequenos movimentos de massa, áreas descampadas, desbarrancamento da encosta e feições erosivas, dois exemplos de feições erosivas no leito da trilha, estão destacados na Figura 2. Rangel (2014) destaca que essas ravinas estão associadas à concentração do escoamento superficial e a áreas com declividade acentuada.



Figura 2. (a) Ravina desenvolvida com fluxo preferencial para a borda da trilha e acúmulo de serapilheira. (b) Ponte em cima de ravina no leito da trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.

O pisoteio nas trilhas compacta o solo e altera sua porosidade, elevando a resistência mecânica do solo à penetração de raízes e à infiltração de água. Esta afirmação pode ser confirmada a partir da avaliação dos teores de densidade aparente e de porosidade do leito e da borda da trilha (Tabela 1). É possível observar que apenas o ponto 4, no leito da trilha, apresentou densidade e porosidade do solo inferior a borda (1,39 g/cm³ e 43,01 % no leito e 1,44 g/cm³ e 40,45 % na borda da trilha). Já no ponto 2 foi observada a maior taxa de densidade do solo no leito da trilha (1,72 g/cm³), evidenciando, portanto, elevada compactação do solo.

Baixos valores de porosidade e elevados valores de densidade do solo contribuem para menor infiltração de água da chuva, aumentando o escoamento superficial, acelerando a formação de ravinas e de erosão laminar, removendo os minerais do topo do solo.

Segundo Kiehl (1979), valores de densidade aparente entre 1,1 e 1,6 g/cm³ representam predominância de frações minerais e manejo inadequado do solo, enquanto que em florestas a densidade aparente pode variar entre 0,6 e 0,8 g/cm³. Conclui-se que mesmo as áreas de borda da trilha, possuem altos valores de densidade do solo, indicando que está havendo algum tipo de interferência e maior compactação do solo nos pontos analisados.

A partir dos resultados de estabilidade de agregados em água, é possível analisar não só o impacto do pisoteio, mas também, a influência da água da chuva que reage de formas diferentes à superfície com e sem vegetação. Portanto, a erosividade da chuva e a erodibilidade do solo são fatores que respondem de diferentes formas.

Tabela 1. Densidade e porosidade do solo nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Densidade (g/cm ³)	1,44	1,38	1,72	1,24	1,36	1,21	1,39	1,44		1,18
Porosidade (%)	40,96	44,96	30,34	48,75	45,04	47,97	43,01	40,45	30,88	51,03

Analisando a estabilidade de agregados (Tabela 2), verifica-se que os valores do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e conseqüentemente, do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), foram maiores na borda da trilha. Utilizando-se o teste estatístico de *Kruskal-Wallis*, foi possível inferir que o pisoteio no leito da trilha está afetando significativamente os pontos 1, 2 e 5, para o DMP, e os pontos 1, 3, 4 e 5, para o DMG.

Isto pode estar ocorrendo porque os pontos 1, 2, 3 e 4 estão localizados em áreas de convergência de fluxos, onde a concentração de água pode provocar diferença entre os índices de agregação na área de borda e no leito da trilha. Já o ponto 5, apresenta pequeno limite de área pisoteada, fator que provoca maior compactação e influência na diferença entre os índices de agregação e na quebra dos agregados do solo do leito da trilha.

Os valores de DMP, relativamente baixos na trilha, refletem o baixo teor de matéria orgânica no solo, que influenciam diretamente na agregação do mesmo (Castro Filho e Logan, 1991). Isto pode estar ocorrendo, devido ao intenso pisoteio que provoca a quebra da estrutura do agregado, principalmente nos primeiros centímetros do solo.

É importante destacar que no ponto 4, no leito da trilha, o valor do DMP foi de 1,43 mm. Este valor é considerado baixo e reitera o que foi afirmado por Castro Filho et al. (1998), que quanto menor for o agregado, menor será o DMP e os espaços porosos entre agregados, diminuindo, portanto a infiltração, aumentando a erosão.

Bronick e Lal (2005) afirmam que além de aspectos como manejo e clima, a agregação também está associada à textura do solo, sendo assim, o baixo teor de argila ou de matéria orgânica, pode estar influenciando na não formação de agregados maiores.

Tabela 2. Análise de estabilidade de agregados do solo em água nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,78	2,42*	1,87	2,6*	2,46	2,73	1,43	2,17	2,53	2,85*
DMG (mm)	1,2	1,95*	1,32	2,18	1,92	2,5*	1,19	2,24*	2,1	2,68*
IEA (%)	88,76	94,72*	89,6	94,89	92,82	98,38*	79,54	96,49*	95,49	98,41*
Agregados > 2 mm (%)	41,13	72,44*	47,71	81,39*	76,01	86,5	40,18	80,82*	77,92	92,79*

Nota: Quando existe diferença significativa pelo teste de *Kruskal-Wallis* entre a área de borda e o leito da trilha em um mesmo ponto, o teste aparece na coluna referente à borda. *p < 0,05. Quando existe diferença significativa entre os pontos, o teste (letras diferentes) aparece na coluna referente ao ponto diferente, podendo ser na coluna da trilha (quando a diferença ocorre entre os leitos) ou na coluna da borda (quando a diferença ocorre entre as bordas).

Além dos menores valores de DMP (1,43 mm) e DMG (1,19 mm), o ponto 4 apresentou menores valores de IEA (79,54 %) e de agregados > 2 mm (40,18 %) no leito, demonstrando,

ser o ponto mais degradado. Em contrapartida, o ponto 5, sofre menos impacto tanto do pisoteio, quanto da ação da água da chuva, pois os valores de DMP (2,53 mm), DMG (2,1 mm), IEA (95,49 %) e de agregados > 2 mm (77,92 %), foram altos.

Matos et al. (2008) destacam que agregados estáveis em água contribuem para um solo mais poroso, e conseqüentemente, favorecem a infiltração e a resistência à erosão. Já os agregados não estáveis, quando presentes na superfície, tendem a desaparecer e dispersar-se sob o impacto das gotas de chuva (Assis e Bahia, 1998).

Com relação à matéria orgânica (MO) do solo, foram elaboradas duas tabelas que expressam os valores obtidos pelo processo de queima na mufla e pelo processo de oxidação por dicromato. A porcentagem de MO nos macroagregados é apresentada na Tabela 3 e nos microagregados é apresentada na Tabela 4. Como foi dito anteriormente, enquanto um processo superestima o teor de matéria orgânica, o outro subestima, portanto, foi feita a média entre os teores obtidos nos dois processos.

Tabela 3. Teores de matéria orgânica nos macroagregados do solo, no leito e na borda da trilha, resultado da utilização dos métodos de queima e de oxidação, e valores médios dos teores entre os dois métodos.

Locais	% M.O. Macroagregados (Mufla)		% M.O. Macroagregados (Dicromato)		Média	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	3,76	6,75	0,25	1,67	2,01	4,21
Ponto 2	7,54	8,36	1,35	2,96	4,45	5,66
Ponto 3	4,53	6,21	2,21	4,03	3,37	5,12
Ponto 4	2,85	4,01	0,67	5,03	1,76	4,52
Ponto 5	4,93	5,89	1,31	2,57	3,12	4,23

Valores inferiores a 3,5% de matéria orgânica significam instabilidade e maior suscetibilidade erosiva (Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005). Isto ocorreu no leito da trilha em quase todos os pontos, com exceção do teor nos macroagregados do ponto 2 (4,45%).

Tabela 4. Teores de matéria orgânica nos microagregados do solo, no leito e na borda da trilha Laranjeiras- Praia do Sono, resultado da utilização dos métodos de queima e de oxidação, e valores médios dos teores entre os dois métodos.

Locais	% M.O. Microagregados (Mufla)		% M.O. Microagregados (Dicromato)		Média	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	3,23	5,36	0,32	1,55	1,78	3,45
Ponto 2	5,94	6,58	0,75	1,58	3,34	4,08
Ponto 3	3,55	4,37	2,72	0,71	3,13	2,54
Ponto 4	1,78	3,38	0,86	3,02	1,32	3,20
Ponto 5	2,69	3,79	1,37	2,01	2,03	2,90

Os teores de MO na borda da trilha foram maiores, em todos os pontos, do que os teores encontrados no leito. Isso ocorre devido à falta de vegetação no leito da trilha que ocasiona o menor *input* de matéria orgânica no solo. Esta questão é destacada por Christensen (2001), que afirma que além das interações entre os minerais, a interação destes com a matéria

orgânica, constituindo complexos organominerais, afeta o tamanho dos agregados estáveis em água.

Destaca-se que o ponto 4 apresentou os menores teores de MO no leito da trilha, tanto nos macro quanto nos microagregados, corroborando os baixos valores dos índices de agregação apresentados na Tabela 1. Deneff et al. (2001) destacam a importância dos macroagregados em controlar a estabilização do carbono e da matéria orgânica no solo.

Já na área de borda da trilha, o ponto 2 apresentou os maiores teores de MO, tanto para os macroagregados quanto para os microagregados, evidenciando maior incorporação da vegetação ao solo. Sendo assim, a ciclagem de nutrientes se torna fundamental para a melhor estabilidade de agregados, pois pela incorporação de vegetação e do *input* de matéria orgânica ao solo, a formação de macroagregados ocorre com maior frequência.

3.2. Trilha Praia do Sono – Praia de Antigos

A trilha tem início próximo a um córrego onde é possível observar diversos blocos rochosos, que formam um nível de base. A vegetação inicial é mais desenvolvida e a trilha mais estreita, após 30 metros ela se alarga e a vegetação se torna mais arbustiva. A partir desse ponto, até o interflúvio, a trilha apresenta raízes e blocos rochosos expostos, e diversas feições erosivas muito desenvolvidas. As coletas foram feitas em dois ambientes vegetacionais distintos, o primeiro com vegetação arbustiva e o leito mais erodido e o segundo em ambiente de floresta ombrófila com nenhuma feição erosiva aparente (Figura 3).

Os percentuais de porosidade encontrados, com exceção da borda da trilha no ponto 1, podem ser considerados de baixa a média suscetibilidade à erosão (entre 35 e 55 %) segundo o que foi proposto por Lima (2008) no estudo feito na bacia hidrográfica do rio Macaé.

Analisando a Tabela 5, pode-se constatar que todos os pontos possuem solos minerais segundo Kiehl (1979), pois os valores de densidade aparente encontrados estão entre 1,1 e 1,6 g/cm³. Além disso, observa-se que os valores de densidade no leito da trilha, mais uma vez, estão maiores do que na borda da trilha, onde há mais vegetação e não há pisoteio (Tabela 5).

Os resultados obtidos estão em acordo com os dados apresentados por Maganhotto et al. (2010) e Oliveira et al. (2013), que também encontraram valores de densidade aparente maiores no leito das trilhas em relação à área de borda.

Analisando a estabilidade de agregados do solo (Tabela 6), verifica-se que os valores do DMP, do DMG e do IEA foram maiores na borda da trilha. Através do teste estatístico realizado, foi possível inferir que o pisoteio no leito da trilha está afetando significativamente todos os índices de agregação no ponto 1, e o DMG, o IEA e a porcentagem de agregados maiores que 2 mm no ponto 2.

O DMG no primeiro ponto de coleta foi muito baixo (0,37 mm) evidenciando que o solo está bastante degradado e sofre com a falta de cobertura vegetal, e, portanto, com escoamento de água e com o intenso pisoteio. Kiehl (1979) destaca que agregados com diâmetro médio acima de 0,5 mm são considerados relativamente resistentes ao esboroamento, e podendo ser bons condutores de água e ar. O DMP no leito da trilha do ponto 1, também foi muito baixo (0,73 mm). Fattet et al. (2011) encontraram resultados semelhantes ao analisarem o efeito de diferentes coberturas vegetais na erosão do solo.

Estes baixos valores de DMG e DMP no leito da trilha do ponto 1 são corroborados pela porcentagem de agregados > 2 mm (8,39%). Este valor muito baixo evidencia que os agregados estão sofrendo rápida quebra pela ação da água, logo, não está ocorrendo incorporação de matéria orgânica, uma das responsáveis pela cimentação dos agregados.

O ponto 2 mostra-se menos degradado, tanto na área do leito, quanto na área de borda da trilha, nas duas profundidades, isto pode estar relacionado com a declividade, que é maior no

ponto 1 e com a presença de vegetação arbórea no ponto 2, que diminui o efeito *splash* no leito da trilha.



Figura 3. (a) Vista geral do primeiro ponto de coleta e canal preferencial de água que drena da área de borda para o leito da trilha (b); (c) Visão geral do segundo ponto de coleta com a presença de raízes no leito da trilha e de bloco rochoso (destaque em vermelho). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A estabilidade dos agregados na camada superficial de solo está diretamente relacionada com a ocorrência do escoamento superficial e com a erodibilidade do solo (Fattet et al., 2011), sendo assim, ao analisarmos o IEA, o leito da trilha mostra-se instável nos dois pontos de coleta.

Ao analisar a matéria orgânica (Tabelas 7 e 8), verifica-se que a média dos teores em todos os pontos foi inferior a 3,5% indicando maior instabilidade e propensão à erosão segundo Fullen e Catt (2004). Como era esperado, os teores de matéria orgânica na borda da trilha foram maiores do que os teores encontrados no leito nos dois pontos analisados. Isso ocorre devido à presença de vegetação na borda da trilha. Campos et al. (1999) constatam que a umidade e a cobertura vegetal do solo têm uma estreita relação com a agregação do mesmo, sendo assim, a incorporação de MO na borda da trilha favorece a agregação, o que é

confirmado ao comparar os resultados de agregação do solo com os teores de matéria orgânica.

Tabela 5. Densidade e porosidade do solo nos cinco pontos analisados da Praia do Sono – Praia de Antigos.

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Densidade (g/cm ³)	1,38	1,29	1,3	1,1
Porosidade (%)	44,08	47,11	47,15	54,55

Tabela 6. Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	0,73	2,42*	1,92 ^A	2,16
DMG (mm)	0,37	1,74*	1,17 ^A	2,22*
IEA (%)	63,86	93,94*	78,53	95,47*
Agregados > 2 mm (%)	8,39	65,33*	42,28 ^A	82,38*

Nota: Quando existe diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis entre a área de borda e o leito da trilha em um mesmo ponto, o teste aparece na coluna referente à borda. *p < 0,05. Quando existe diferença significativa entre os pontos, o teste (letras diferentes) aparece na coluna referente ao ponto diferente, podendo ser na coluna da trilha (quando a diferença ocorre entre os leitos) ou na coluna da borda (quando a diferença ocorre entre as bordas). ^Ap < 0,05.

Além disso, destaca-se que o primeiro ponto apresentou teores de matéria orgânica inferiores aos encontrados no ponto 2. Este fator está diretamente relacionado às condições encontradas no ponto em questão: declividade acentuada, presença de feições erosivas, e baixos índices de agregação.

Tabela 7. Teores de matéria orgânica nos macroagregados do solo, no leito e na borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, resultado da utilização dos métodos de queima e de oxidação, e valores médios dos teores entre os dois métodos.

Locais	% M.O. Macroagregados (Mufla)		% M.O. Macroagregados (Dicromato)		Média	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	1,78	3,38	0,19	0,78	0,99	2,08
Ponto 2	2,85	4,01	1,36	2,00	2,11	3,01

Tabela 8. Teores de matéria orgânica nos microagregados do solo, no leito e na borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, resultado da utilização dos métodos de queima e de oxidação, e valores médios dos teores entre os dois métodos.

Locais	% M.O. Microagregados (Mufla)		% M.O. Microagregados (Dicromato)		Média	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0,32	1,54	0,18	0,54	0,3	1,04
Ponto 2	2,39	3,47	1,34	1,95	1,9	2,71

Logo, é possível concluir que a incorporação de matéria orgânica na trilha é baixa. Isto afeta a dinâmica do solo influenciando negativamente nas propriedades químicas e físicas do mesmo, facilitando a ocorrência de feições erosivas e áreas degradadas.

Nas áreas onde as feições erosivas estão desenvolvidas, como observado na Figura 3a e 3b, são necessárias técnicas de bioengenharia, como a aplicação de geotêxteis que são malhas de fibras ou de materiais sintéticos biodegradáveis, que controlam a erosão e auxiliam na recuperação de áreas degradadas. Funcionam como proteção imediata e temporária ao solo contra os agentes erosivos, como as gotas de chuva e o escoamento superficial, enquanto a vegetação não se estabelece na encosta. Após o estabelecimento da vegetação, as raízes das plantas e as fibras do geotêxtil agirão juntas e aumentarão a coesão das partículas do solo (Guerra et al., 2010).

Além disso, a utilização de canaletas de drenagem em áreas de convergência de fluxos para evitar concentração do fluxo; o ordenamento do sistema de drenagem; a utilização de barreiras que retenham os sedimentos e a colocação de degraus de madeira – principalmente na trilha Praia do Sono-Praia de Antigos - para garantir acessibilidade e orientar o fluxo de visitantes, podem auxiliar na conservação das trilhas. Outra forma de manejo adequada seria a recuperação das encostas com reflorestamento, que irá proteger o talude e regular o volume de solo e água que pode sobrecarregar o leito e drenagem da trilha.

5. CONCLUSÃO

A comparação das áreas impactadas e não impactadas das trilhas permitiu nortear o planejamento, o manejo e sugerir algumas propostas para recuperação das áreas degradadas nas trilhas e no seu entorno, visando auxiliar os gestores da REJ.

Destaca-se que os procedimentos metodológicos, bem como, os resultados obtidos permitiram alcançar os objetivos definidos no estudo da avaliação do impacto da utilização de trilhas. Além disso, os resultados das propriedades físicas e químicas do solo mostraram-se satisfatórios e complementares para o melhor desenvolvimento da pesquisa.

Os resultados apontam para a importância dos estudos de campo, do planejamento e da recuperação das trilhas. O desenvolvimento dessas atividades auxilia na elaboração de diagnósticos de degradação das trilhas que venham a compor a proposição de medidas reparadoras, visando à diminuição do impacto na Unidade de Conservação.

A falta de planejamento na criação das trilhas provocou diversas alterações na qualidade do solo e impactos significativos dentro da Unidade de Conservação. Portanto, se antes da instalação das trilhas tivesse sido feito um planejamento adequado, a atividade turística não seria prejudicada.

Comparando as duas trilhas, percebe-se que a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos está mais degradada, pois, possui feições erosivas mais desenvolvidas, não possui nenhuma estrutura de manejo, acarretando risco elevado para os usuários, que podem escorregar e cair da encosta. Estes fatores evidenciam áreas prioritárias para recuperação.

Conclui-se que as trilhas podem ser consideradas forças de tensão, como no caso da trilha Praia do Sono-Praia de Antigos, que está afetando consideravelmente a dinâmica do solo, e, com o aprofundamento das feições erosivas, amplia as áreas degradadas e interfere na dinâmica do ecossistema e na recuperação de fragmentos de Mata Atlântica.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Nbr 10703:1989**. Define os termos empregados nos estudos, projetos, pesquisas e trabalhos em geral, relacionados à análise, ao controle e à prevenção da degradação do solo. Rio de Janeiro, 1989.
- ANDRADE, W. J. Manejo de trilhas para o ecoturismo. In: NEIMAN, Z.; MENDONÇA, R. **Ecoturismo no Brasil**. São Paulo: Manole, 2005.
- ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 322p.
- ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 88, p. 153-160, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00252-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3)
- ASSIS, R. L.; BAHIA, V. G. Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário**, v. 19, p. 71-78, 1998.
- BALL, D. F. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. **Journal of Soil Science**, v. 15, n. 1, p. 84-92, 1964.
- BRASIL. **Decreto nº 89.336, de 31 de janeiro de 1984**. Dispões sobre as Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico, e dá outras providencias. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-89336-31-janeiro-1984-439049-norma-pe.html>. Acesso em: 13 jul. 2012.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.
- CAMPOS, B. C. D.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 23, p. 33-391, 1999.
- CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T. J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Science Society of America**, v. 55, p. 1407-1413, 1991. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500050034x>
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **Europe Journal Soil Science**, v. 52, p. 345-353, 2001. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2389.2001.00417.x>
- CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 337-379.

- DENEFF, K.; SIX, J.; PAUSTIAN, K.; MERCKX, R. Importance of macroaggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization: short-term effects of physical disturbance induced by dry-wet cycles. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 2145-2153, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00153-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00153-5)
- DORAN, J. W. PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Special Publication, n. 35, p. 3-22, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUIS AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FATTET, M.; FU, Y.; GHESTEM, M.; MA, W.; FOULONNEAU, M.; NESPOULOUS, J. LE; BISSONNAIS, Y. et al. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. **Catena**, v. 87, p. 60-69, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.006>
- FULLEN, M. A.; CATT, J. A. **Soil management: problems and solutions**. London: Arnold, 2004.
- GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; LIMA, L. D. M.; MENDONÇA, J. K. S.; GUERRA, T. T.; BUHMANN, C. et al. Land rehabilitation with the use of biological geotextiles, in two different countries. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 431-446, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000300002>
- GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O.; FULLEN, M. A. The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty Municipalities, Southern Rio de Janeiro State. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2013.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBIO. **Plano de manejo da APA de Cairuçu**. 2004. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2240-apa-de-cairu.html>. Acesso em: 06 ago. 2012.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis - Part I: Physical and mineralogical methods**. Wisconsin: Madison, 1986. p. 425-442.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia, relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979.
- KROEFF, L. L. **Contribuição metodológica ao planejamento de trilhas ecoturísticas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), RJ**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- LEUNG, Y.; MARION, J. L. The influence of sampling interval on the accuracy of trail impact assessment. **Landscape and Urban Planning**, v. 43, n. 4, p. 167-179, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(98\)00110-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(98)00110-8)

- LIMA, L. D. da M. **Suscetibilidade à erosão dos solos nas sub-bacias do médio e altocursos da bacia do Rio Macaé/RJ**. 2008. 127 f. Dissertações (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2008.
- MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; SOUZA, L. C. P.; MIARA, M. A. Variação dos atributos físicos do solo devido ao trânsito de pessoas em trilha localizada na Região de Paranaguá – Pr. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 94-114, jul./dez. 2010.
- MARQUES, M. C. M. (Org.). **Mapeamento da cobertura vegetal e listagem das espécies ocorrente na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, município de Paraty, RJ**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1997. 96 p.
- MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1221-1230, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900017>
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. England: Blackwell, 2005.
- OLIVEIRA, J. G. R.; FILHO TAVARES, J.; BARBOSA, G. M. C. Qualidade física do solo das trilhas do parque estadual do Cerrado – PR. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1715-1722, 2013. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1715>
- RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T.; BRIZZI, R. R.; SOUZA, H. S. O uso de trilhas em unidades de conservação: o caso da Apa de Cairuçu, Paraty – RJ. **Geografia**, Londrina, v. 22, n. 1, p.79-93, 2013.
- RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. O impacto na dinâmica do solo através da utilização da trilha Ponta Negra-Praia de Galhetas na Reserva Ecológica da Juatinga em Paraty. In: CONGRESSO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS, 2., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Rede Sirius-Rede de Biblioteca, 2013. 1236 p.
- RANGEL, L. A. **O Impacto da Utilização de Trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro**. 2014. 186f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2014.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society Agronomy**, v. 28, p. 337-351, 1936. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1936.00021962002800050001x>