



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Avaliação das Propriedades Físicas do Solo nas Trilhas da Praia do Sono em Paraty - Rio de Janeiro - RJ

Luana de Almeida Rangel<sup>1</sup>; Antonio José Teixeira Guerra<sup>2</sup>.

1- Geógrafa e Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - Integrante do Laboratório de Geomorfologia Ambiental de Degradação dos Solos – Departamento de Geografia, Rio de Janeiro - Brasil. [luarangel@ufrj.br](mailto:luarangel@ufrj.br).

2- Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Coordenador do Laboratório de Geomorfologia Ambiental de Degradação dos Solos, Rio de Janeiro - Brasil. [antoniotguerra@gmail.com](mailto:antoniotguerra@gmail.com)

Artigo recebido em 17/12/2012 e aceite em 01/06/2013

### RESUMO

As Unidades de Conservação (UCs) são áreas naturais protegidas e propícias ao turismo, o que acarreta diversos impactos ambientais. Uma das categorias de área protegida é a área de Proteção Ambiental. Como muitas dessas UCs encontram-se em áreas de difícil acesso, as trilhas são os caminhos mais utilizados dentro dessas áreas protegidas. É comum, nas áreas de trilha, deparar-se com ambientes degradados, com a presença de lixo, pichação, erosão, entre outros. Nesse sentido, o presente trabalho busca a partir da análise da qualidade do solo (estabilidade de agregados e análise de textura), inferir o impacto de duas trilhas localizadas no sul da APA de Cairuçu, no município de Paraty, Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras de solo em três pontos na trilha *Laranjeiras - Praia do Sono*, e em dois pontos na trilha *Praia do Sono- Praia de Antigos*. Para analisar a estabilidade de agregados em água (YODER, 1936) foram coletados blocos de solo em três repetições, já para análise granulométrica, foi utilizado o método da pipeta (EMBRAPA, 1979) foram coletadas amostras deformadas de solo. Verificou-se a trilha *Laranjeiras - Praia do Sono* apresentou melhores resultados de agregação do que a trilha *Praia do Sono- Praia de Antigos*, indicando que o solo está menos degradado. Conclui-se, portanto, que os índices de agregação do solo juntamente com a análise da textura do solo podem ser utilizados como índices de qualidade do solo, já que são indicadores dos atributos do solo.

**Palavras-chave:** Estabilidade de Agregados, Peneiramento Úmido, Áreas Protegidas, Diâmetro Médio Ponderado

## Evaluation of trails using Soil Quality Indicators: Cairuçu Protection Area case study, Paraty Municipality - Rio de Janeiro State

### ABSTRACT

The Conservation Units are natural protected areas, prone to tourism, which leads to different environmental impacts. One of the categories of protected area is called Environmental Protected Area. As several of these areas are located in difficult access areas, the tracks are the ways most used inside them. It is very often to encounter degraded environments, with the presence of rubbish and erosion, amongst them. Therefore, this article aims to analyse soil quality, (aggregate stability and soil texture), in order to assess the environmental impact in two different tracks, located inside Cairuçu Protected Area (APA Cairuçu), in Paraty Municipality, Rio de Janeiro State. Soil samples have been collected in three different sites, on *Laranjeiras – Praia do Sono* track and in two sites, on *Praia do Sono – Praia de Antigos* trail. In order to analyse water stable aggregates (YODER, 1936), three replicates of soil blocks have been collected, and for soil texture, (EMBRAPA, 1979) the pipette method has been used with deformed soil samples. *Laranjeiras – Praia do Sono* trail has shown the best results in terms of aggregate stability, indicating that the soil is less degraded. Therefore, we conclude that soil aggregate stability, together with soil texture may be used as soil quality index, since they are soil attributes.

**Key words:** Aggregate Stability, Wet Sieving Method, Protected Areas, Mean Weight Diameter

## Introdução

O constante crescimento populacional e as elevadas taxas de utilização dos recursos naturais podem motivar as mudanças ambientais globais, que caracterizam o período atual. É possível considerar como uma mudança marcante a transformação da cobertura vegetal pelo crescente uso do solo. Essa alteração ambiental é verificada com maior magnitude e intensidade nas regiões tropicais (WHITMORE, 1978), devido à dependência do regime hídrico.

Não se deve enfatizar apenas a importância da biodiversidade, mas também o papel do espaço geográfico na disposição e na diferenciação da mesma, assim como a dinâmica temporal e histórica e suas interações com homem, que é agente da transformação da biosfera. Assim, o homem torna-se o agente que interfere na formação das paisagens, provocando a redução da diversidade biológica e gerando a fragmentação dos ecossistemas.

A fragmentação florestal pode ser originada tanto pelo desmatamento, onde formações florestais estão circundadas por diferentes tipos de *habitats* não florestados, quanto pode ocorrer quando um ecossistema é subdividido pela ação do homem ou perturbações naturais, resultando em uma paisagem na qual permanecem alguns fragmentos da cobertura vegetal, originais inseridos em uma matriz totalmente diferente (KINDEL, 2001).

Sendo assim, o processo de fragmentação age reduzindo e isolando áreas propícias à sobrevivência das populações, originando extinções determinísticas (METZGER, 1999), provocando diminuição na heterogeneidade do habitat nas áreas remanescente com a exclusão de determinadas espécies dos fragmentos (ZIMMERMAN & BIERREGAARD, 1986).

De fato, a fragmentação florestal promove alterações de diversos tipos na paisagem, nas espécies, nas comunidades e nas populações, entre outros. Um efeito direto da fragmentação é a perda da área original, e o conseqüente isolamento de manchas remanescentes de florestas, o que, em síntese, significa a perda de habitat e a conseqüente

diminuição da riqueza de espécies. (METZGER, 1999).

Frente a esta perspectiva a adoção de práticas de conservação da natureza está se tornando cada vez mais frequente. Uma das formas mais comuns de tentar proteger a biodiversidade de uma determinada área é a criação de Unidades de Conservação (UCs), que é definida como:

(...)espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção; (BRASIL, 2000. Art. 2)

Dentro das UCs de Uso Sustentável, destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA), que segundo PHILLIPS (2002), é uma parte da superfície da terra, que pode incluir a parte costeira ou terrestre, na qual a interação da natureza e do ser humano, ao longo do tempo, produziu uma zona definida, com importantes valores estéticos, ecológicos e/ou culturais, e que pode abrigar uma rica diversidade ecológica.

Para Lechner (2006) as trilhas e caminhos são, provavelmente, as rotas de viagem mais disseminadas pelo mundo. Em áreas naturais protegidas, a trilha pode ser o único acesso à maior parte da área. Elas possuem diferentes formas, comprimentos e larguras, e possibilitam a aproximação dos visitantes ao ambiente natural, podendo conduzi-los a um atrativo específico, tornando possível seu entretenimento ou educação por meio de sinalizações ou de outros recursos interpretativos (NEIMAN, *et. al.* 2009).

Em todos os estudos feitos sobre trilhas, percebe-se a procura cada vez maior por áreas naturais, o que ameaça a conservação dessas e preconiza a necessidade de se combater ou atenuar os impactos causados pelas trilhas e por seus usuários. (KROEFF, 2010). Sendo assim, a trilha, por estar muitas vezes inserida dentro de uma área florestada, se torna um corredor que influência na dinâmica do fragmento florestal ao seu entorno. A utilização da mesma pode

interferir na movimentação dos animais e perturbar o *habitat*.

Vivian Costa (2008) destaca que os estudos sobre as atividades desenvolvidas em Unidades de Conservação visam descrever os tipos e as taxas de mudanças ambientais resultantes dos diversos usos existentes em áreas protegidas.

Além disso, a incisão de uma trilha pode apresentar, com o intenso uso, feições erosivas, como ravinas e degraus. Os impactos da erosão do solo geram condições indesejáveis nas trilhas que podem afetar negativamente a experiência do usuário. Trilhas com acumulação de água e/ou profundamente erodidas podem gerar diversos problemas sociais, como a diminuição da utilidade funcional da mesma. (JEWELL e HAMMITT, 2000)

De acordo com Takahashi (1998), o pisoteio das trilhas compacta os solos alterando sua porosidade em razão da redução do volume de macroporos. Este aumento na compactação eleva a resistência mecânica do solo à penetração de raízes e à infiltração de água, reduzindo a regeneração natural. Magro (1999) afirma que quando o pisoteio é freqüente, o solo é compactado provocando a selagem do mesmo e aumentando sua susceptibilidade à erosão e perda de matéria orgânica.

É possível analisar o impacto das trilhas através de análises de qualidade do solo, que segundo Doran e Parkin (1994) é a capacidade do mesmo de funcionar dentro dos limites do ecossistema, sustentando a produtividade biológica, mantendo a qualidade do meio ambiente e promovendo a saúde das plantas e dos animais. Portanto, está relacionada com as funções que capacitam o solo a estocar e reciclar água, nutrientes e energia.

Assim, para avaliar a qualidade do solo deve-se estudar algumas de suas propriedades que são consideradas como atributos indicadores (DORAN & JONES, 1996). Um indicador eficiente deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, compreensível e útil para o agricultor e, de mensuração fácil e

barata. Preferencialmente, devem ser mensurados a campo ou em condições que reflitam a real função que desempenham no ecossistema (DORAN & PARKIN, 1994).

Além disso, os indicadores devem ser práticos para uso tanto por cientistas como por agricultores, extensionistas, ecologistas e instituições governamentais, numa ampla classe de situações ecológicas e socioeconômicas (SHERWOOD e UPHOFF, 2000).

O agregado é um conjunto de partículas primárias (argila, silte, areia) do solo que se aderem umas às outras mais fortemente do que às outras partículas circunvizinhas (KEMPER & ROSENAU, 1986). Logo, o agregado é um componente importante para a estrutura do solo, controla o armazenamento de água, aeração, crescimento da cultura e atividade biológica, bem como os processos erosivos (OADES, 1984).

A agregação depende não somente da flocculação, mas também da cimentação (HILLEL, 2003), que pode ocorrer, segundo Tisdall e Oades (1982) devido à quantidade de argila, à concentração de matéria orgânica, à presença de raízes, de fungos e de bactérias. Assim, muitos estudos apontam que as práticas de manejo e uso do solo podem afetar positiva ou negativamente a agregação e as propriedades físicas do solo (CASTRO FILHO *et al.*, 2002).

Considerando que a utilização de trilhas pode impactar negativamente na dinâmica do solo e no ecossistema como um todo, o presente trabalho busca, a partir da análise da qualidade do mesmo, utilizando o método de estabilidade de agregados por via úmida e a análise textural, inferir o impacto de duas trilhas localizadas no sul da APA de Cairuçu, no município de Paraty, Rio de Janeiro.

## **Material e Métodos**

### *Área de Proteção Ambiental do Cairuçu*

A Área de Proteção Ambiental Federal de Cairuçu possui 33.800 hectares, está situada no município de Paraty, no litoral Sul do estado do Rio de Janeiro. Ela foi criada em dezembro de 1983 pelo Decreto Federal n. 89.242, é gerenciada pelo IBAMA, e tem como principal objetivo assegurar a proteção

do ambiente natural (Figura 1).

Esta APA é considerada estratégica para a conservação da biodiversidade, pois constitui um corredor ecológico entre as matas primárias da Reserva Ecológica Estadual de Joatinga, criada pelo Decreto Estadual nº 17.981, de 30 de outubro de 1992, o PNSB e o Parque Estadual da Serra do Mar (Gomes *et al.*, 2004).

A região da APA Cairuçu destaca-se pela topografia acidentada, caracterizada por elevadas altitudes e grandes 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 1.300 metros de altitude.

O arcabouço geológico da região da APA do Cairuçu é formado predominantemente por granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico-Granitóide de idade proterozóica, os quais se associam sedimentos de idade cenozóica. (ICMBIO, 2004).

O tipo de solo predominante na APA é o Cambissolo Háplico distrófico, ocupando quase toda a escarpa da Serra do Mar. Os outros tipos de solos presentes são associações de Latossolos e Neossolos Flúvicos, onde este último relaciona-se às planícies de inundação e litorânea.

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 (média de 1.547 mm) (ICMBIO, 2004).

Há predominância no domínio de Floresta Ombrófila Densa (VELOSO *et al.* 1991), ocorrendo também os subtipos vegetacionais (floresta de restinga e manguezais). A floresta chega, em vários pontos, até próximo à estreita faixa arenosa da praia, ou a linha da costa, na parte rochosa. 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).

### *Trilhas Estudadas*

A primeira trilha que será analisada está localizada entre a enseada de Laranjeiras e a Enseada do Sono, já a segunda trilha está localizada entre a praia do Sono e a praia de Antigos; ambas estão na parte sul da APA Cairuçu.

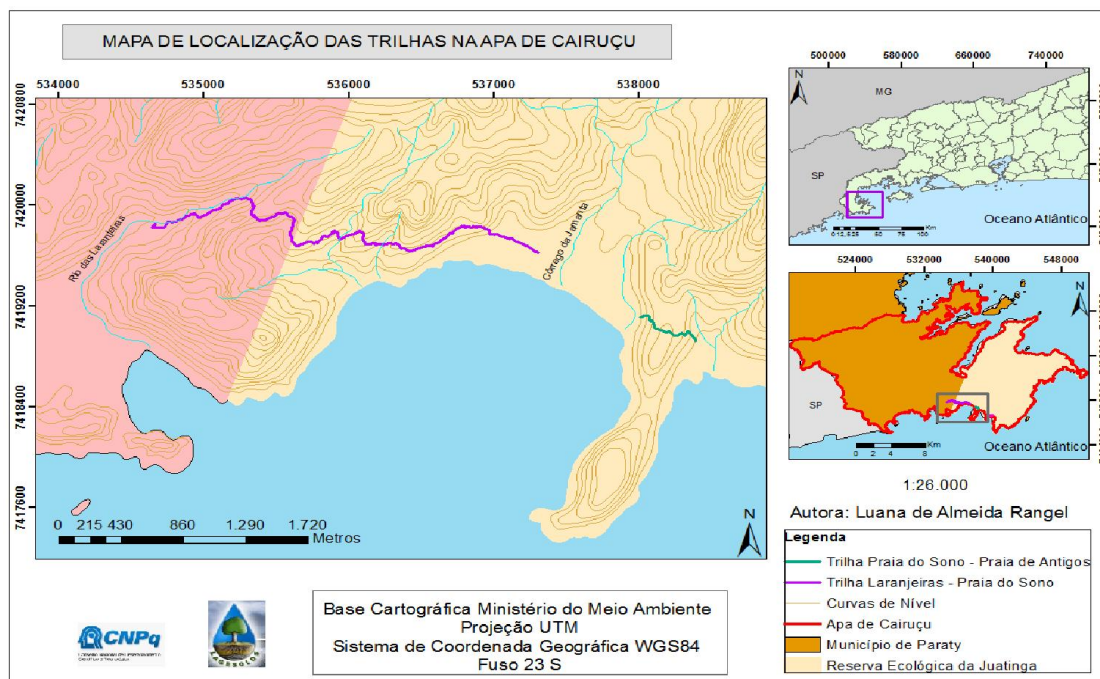
A área foi escolhida para análise devido à intensa utilização das trilhas dessa parte da APA, já que a atividade turística é intensa, e a trilha *Laranjeiras- Praia do Sono*, é considerada, pelo plano de manejo (ICMBIO, 2004) a mais utilizada da APA Cairuçu. Essa trilha possui aproximadamente 2,6 km de extensão e é realizada em aproximadamente 1 hora e 30 minutos, e por ser uma área de floresta em estágio avançado, sua dificuldade é de nível médio.

A praia de Antigos é considerada uma praia selvagem, pois não possui nenhuma construção. O acesso à praia só é possível através da trilha que se inicia na praia do Sono, essa trilha tem aproximadamente 650 metros de extensão. A vegetação predominante na trilha é arbustiva até o topo da encosta na vertente para a praia do Sono, já na vertente para a praia de Antigos a vegetação é de floresta ombrófila densa.

### *Procedimentos de coleta e análise laboratorial*

Para a realização do trabalho, foram coletadas amostras em três pontos da trilha *Laranjeiras – Praia do Sono*, e dois na trilha *Praia do Sono – Praia de Antigos*, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Para cada ponto foram feitas três repetições.

A fim de determinar a estabilidade de agregados em água – método proposto por Yoder (1936) e modificado por Castro Filho (et. al. 1998) – foram coletados blocos de solo, que foram quebrados e homogeneizados com peneiras de 4 mm e 2 mm, antes do tamisamento úmido, para ser determinada a distribuição das classes (2,0 – 1,0 – 0,5 – 0,25 – 0,125 e < 0,125 mm) de agregados por via úmida.



**Figura 1.** Mapa de localização da APA Cairuçu e dos pontos amostrados na trilha Laranjeiras–Praia do Sono e na trilha Praia do Sono- Praia de Antigos. Elaboração Própria, 2013.

Cada amostra foi umedecida lentamente e depois de passadas duas horas do início do umedecimento, as mesmas foram transferidas para o aparelho de Yoder, adaptado por Castro Filho (et. al. 1998) com peneiras de malhas de 2,0, 1,0, 0,5, 0,25 e 0,125 mm de abertura (Figura 2).

As amostras oscilaram durante 15 minutos, com aproximadamente 32 rotações por minuto (EMBRAPA, 1979). Após o término das oscilações, o conteúdo retido em cada uma das peneiras foi secado em estufa a 105° C durante 24 horas. Os valores obtidos nos peneiramentos foram usados para cálculo dos índices de estabilidade – equações modificadas de Kemper e Rosenau (1986):

DMP através da equação abaixo, em que  $w_i$  = proporção (%) de cada classe em relação ao total; e  $x_i$ = diâmetro médio das classes, expresso em mm:

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

DMG através da equação abaixo, em que  $w_i$  = proporção (%) de cada classe em relação ao total; e  $x_i$ = diâmetro médio das classes, expresso em mm:

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

E o IEA (%) é obtido pela equação, onde PTA é o peso total dos agregados e PA é o peso dos agregados:

$$\frac{PTA - (PA < 0,25mm)}{\text{peso da amostra}} \times 100$$

É possível, portanto, verificar a ocorrência da erosão hídrica através dos seguintes índices de agregação do solo: DMG que é uma estimativa do tamanho médio dos agregados que mais ocorrem no solo; DMP que é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores; e IEA, que é uma medida da agregação total, mas sem considerar a classe de distribuição de tamanho dos agregados, que pode refletir na resistência do solo à erosão; logo, quanto maior a quantidade de agregados < 0,25 mm, menor será o IEA (CASTRO FILHO *et al.* 1998).





**Figura 2.** Procedimento para determinação da estabilidade de agregados em água. Fotos: L. A. Rangel, 2012.

Para a análise da textura do solo foram coletadas amostras deformadas e utilizou-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1979), onde são pesadas 20 gramas de amostras e adicionados 10 ml de dispersante e 100 ml de água destilada. Posteriormente, a amostra é levada ao agitador por 15 minutos e lavada na peneira de 0,053 mm, onde a areia é retida e a fração silte+argila vai para uma proveta de 1000 ml. Transcorrido o tempo de acordo com a temperatura, é introduzida uma pipeta de 50 ml, onde é coletada a fração argila.

As frações são levadas a estufa por 24 horas a 105 °C. Por fim, a amostra de areia é passada na peneira de 0,2mm para separar areia fina da areia grossa. Depois de pesadas as frações, compara-se os resultados com o triângulo textural.

Para análise da densidade do solo foram coletadas amostras em anéis de volume conhecido (100 cm<sup>3</sup>), nos pontos amostrados. Após esse procedimento, as amostras são retiradas do anel e pesadas. Posteriormente, são levadas a estufa e deixadas a 105°C por 24 horas (EMBRAPA, 1979). Depois de retiradas, as amostras são pesadas e a densidade é determinada a partir da fórmula abaixo, onde D representa a densidade (g/cm<sup>3</sup>); a = massa da amostra seca a 105°C (g); e b = volume do anel (cm<sup>3</sup>):

$$Ds = \frac{a}{b}$$

### Resultados e discussões

A Trilha Laranjeiras - Praia do Sono se inicia na Vila Oratório e tem aproximadamente 2,6 km de extensão, ela é

bastante utilizada por praticantes de ecoturismo. A trilha está inserida em ambiente de floresta ombrófila densa em estágio avançado de sucessão.

É possível afirmar que a erosão é um dos principais processos que evidenciam uma má conservação do solo. Portanto, a manutenção e melhoria da qualidade do solo só são alcançadas através de práticas que visam conservação do mesmo.

Na trilha Laranjeiras-Sono é possível observar diversas feições erosivas, como ravinas que evidenciam a concentração do escoamento de água. O primeiro ponto de coleta está localizado próximo a uma escada construída na trilha (Figura 3) as coordenadas do mesmo são 7419908N, 534949E. A trilha, neste ponto amostrado, possui aproximadamente 1,18 metros de área pisoteada.

Observou-se que a área de erosão em ravina encontra-se próxima a borda da mesma, quase em contato com o fragmento florestal do entorno, além disso, não havia presença de água na ravina.



**Figura 3.** Formação de ravina ao lado de escada construída próxima ao primeiro ponto de coleta evidenciado concentração do escoamento de água na trilha. Foto: L. A. Rangel, 2012.

Já o segundo ponto de coleta (7419908 N e 535338 E) está localizado em uma área onde há formação de degraus - que evidenciam processos erosivos e compactação do solo - e presença de ravinas (Figura 4). O limite da área pisoteada é de 2,68 metros.

Vivian Costa (2008) destaca em suas análises das trilhas no Parque Estadual da Pedra Branca, que a erosão pode gerar trilhas com elevado nível de dificuldade podendo criar problemas de assoreamento em rios e em corpos d'água.



**Figura 4.** Formação de degraus e contenção de madeira formando uma escada. Segundo ponto de coleta. Foto: L. A. Rangel, 2012

O terceiro ponto está localizado próximo a uma escada de madeira (coordenadas 7419691N 536254E) e, possui 1,03 metros de limite da área pisoteada. Observa-se também a exposição de rochas, o que evidencia, mais uma vez processos erosivos.



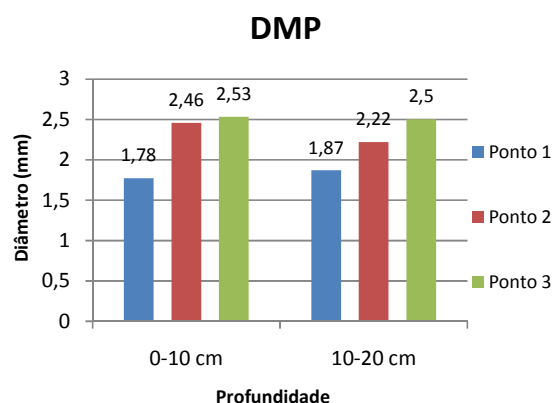
**Figura 5.** Terceiro ponto de coleta com escada de madeira ao fundo. Foto: L. A. Rangel, 2012.

Com relação ao DMP observa-se que o ponto 1 apresenta os menores valores para Rangel, L. A. e Guerra, A. J. T.

as duas profundidades: 1,78 mm e 1,87 mm (0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente). Os valores de DMP nas duas profundidades são relativamente baixos para o ponto 1, o que pode ser causado pelo 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 da trilha, o que provoca a quebra da estrutura do agregado, principalmente nos primeiros centímetros do solo (Gráfico 1).

O ponto 3 apresentou agregados de diâmetro maior nas duas profundidades: 2,53 mm e 2,50 mm (0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente), evidenciando, portanto, que nesse ponto o solo está sofrendo menos impacto com o pisoteio.

De acordo com Takahashi (1998), o pisoteio das trilhas compacta os solos alterando sua porosidade em razão da redução do volume de macroporos. Este aumento na compactação eleva a resistência mecânica do solo à penetração de raízes e à infiltração de água, reduzindo inclusive a regeneração natural. Magro (1999) afirma que quando o pisoteio é freqüente, o solo é compactado provocando a selagem do mesmo e aumentando sua susceptibilidade à erosão e perda de matéria orgânica.

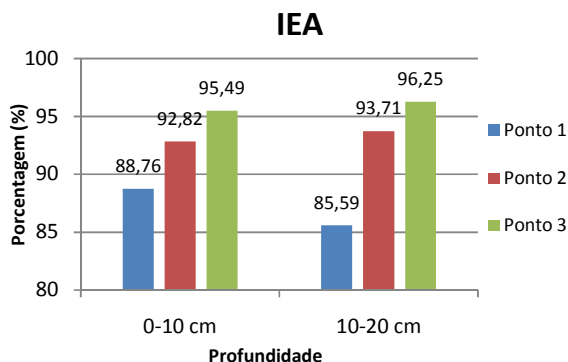


**Gráfico 1.** Diâmetro Médio Ponderado (DMP), medido em milímetros, dos pontos coletados nas duas profundidades amostradas na trilha Laranjeiras- Praia do Sono.

Como era esperado, o IEA apresentou a mesma tendência que o DMP, o ponto 1 apresentou os menores valores (88,76% e

85,59%) e o ponto 3 apresentou os maiores valores (95,49% e 96,25%). O gráfico 2 apresenta os resultados obtidos.

A umidade e a cobertura vegetal do solo têm uma estreita relação com a agregação do mesmo (CAMPOS e REINERT, 1999), além disso, a matéria orgânica e os minerais de argila são os dois agentes cimentantes que mais contribuem para a agregação do solo (KIEHL 1979).



**Gráfico 2.** Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), medido em porcentagem, dos pontos coletados nas duas profundidades na trilha Laranjeiras- Praia do Sono.

Para a análise da textura do solo foram coletadas amostras deformadas e utilizou-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1979), onde são pesadas 20 gramas de amostras e Com relação à análise da textura, observou-se que o ponto 3 possui textura argilosa, nas duas profundidades amostradas, além disso, ele apresentou as maiores taxas de DMP e IEA (Tabela 1).

Como já foi dito anteriormente, a argila e a matéria orgânica são fundamentais na formação e cimentação do agregado, portanto, a textura argilosa explica os resultados de agregação, isto é, agregados de diâmetro > 2,5 mm.

Com relação à análise da textura, observou-se que o ponto 3 possui textura argilosa, nas duas profundidades amostradas, além disso, ele apresentou as maiores taxas de DMP e IEA (Tabela 1). Como já foi dito anteriormente, a argila e a matéria orgânica são fundamentais na formação e cimentação do agregado, portanto, a textura argilosa explica os resultados de agregação, isto é, agregados de diâmetro > 2,5 mm.

Já com relação à densidade do solo (Tabela 2) verificou-se que o ponto 3 está com o solo bastante compactado nas duas profundidades, 1,44 g/cm<sup>3</sup> e 1,46 g/cm<sup>3</sup> (0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente).

Segundo Kiehl (1979), valores de densidade aparente entre 1,1 e 1,6 g/cm<sup>3</sup> 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/cm<sup>3</sup>.

É verificada também uma tendência padrão de aumento da densidade do solo com o aumento da profundidade. Essa tendência é destacada por Brady (1989) e Kiehl (1979), quando eles afirmam que a densidade aparente aumenta com a profundidade, em função da redução da matéria orgânica e da agregação, ou mesmo do peso exercido pelas camadas superiores do solo.

Conclui-se, portanto, que o solo no leito da trilha está bastante compactado evidenciando que é necessário realizar um monitoramento das condições da trilha no futuro, para observar se haverá aumento da compactação.



**Tabela 1.** Análise granulométrica nos pontos amostrados na trilha Laranjeiras- Praia do Sono.

<b>TEXTURA DO SOLO NA TRILHA LARANJEIRAS – PRAIA DO SONO</b>					
	<b>Profundidade</b>	<b>Areia (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Silte (%)</b>	<b>Textura</b>
Ponto 1		46,33	28,70	24,97	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 2	0 -10 cm	47,00	25,40	21,60	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 3		22,4	49,4	28,2	Argilosa
Ponto 1		38,83	26,10	35,08	Franco
Ponto 2	10 -20 cm	50,08	40,10	9,83	Argilo - Arenosa
Ponto 3		17,45	53,4	29,15	Argilosa

**Tabela 2.** Densidade do solo nos pontos amostrados na trilha Laranjeiras- Praia do Sono.

<b>DENSIDADE DO SOLO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	
<b>0 - 10 cm</b>	<b>Trilha</b>
Ponto 1	1,44
Ponto 2	1,36
Ponto 3	1,44
<b>10 - 20 cm</b>	
Ponto 1	1,45
Ponto 2	1,42
Ponto 3	1,46

A trilha Praia do Sono – Praia de Antigos possui extensão de aproximadamente 600 metros. Essa trilha encontra-se em uma encosta com declividade de aproximadamente 27°, evidenciando diversas feições erosivas provocadas pela concentração de água. A água da chuva que carrega os sedimentos oriundos da trilha pode provocar assoreamento de um córrego que deságua no canto esquerdo da praia.

A trilha apresenta diversas feições erosivas o que evidencia a baixa qualidade do solo. A falta de vegetação no leito da trilha

favorece o impacto da gota de chuva provocando a quebra dos macroagregados.

O primeiro ponto de coleta (7419131N, 538029E) está localizado em uma área de declividade elevada e é possível observar a presença de degraus, de raízes expostas que evidenciam intenso processo erosivo. Neste local, o limite da área pisoteada da trilha possui aproximadamente 1,32 metros de largura.



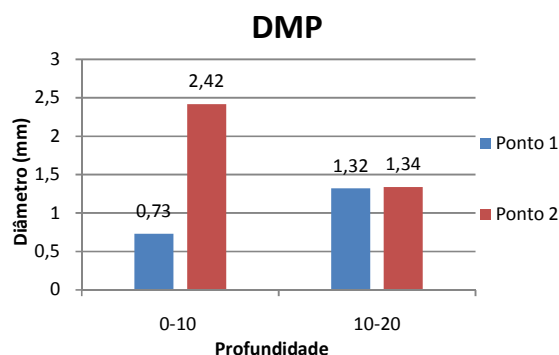
**Figura 6.** Primeiro ponto de coleta na Trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, onde observa-se solo bastante compactado e vegetação arbustiva. Foto: RANGEL, 2012.

Já o segundo ponto de coleta está localizado em uma área com vegetação de floresta (7418991N, 538257E), e apesar da presença de raízes expostas e de alguns blocos rochosos, o solo não está tão compactado. Além disso, com a presença de serapilheira no leito da trilha a incorporação de matéria orgânica é maior, e o impacto da gota de chuva diretamente no solo é menor. O limite da área pisoteada é de aproximadamente 0,6 metros.



**Figura 7.** Segundo ponto de coleta na Trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, onde verifica-se vegetação mais densa e a presença de blocos rochosos. Foto: RANGEL, 2012.

Os principais fatores que influenciam a intensidade do impacto são frequência do uso, tipo e comportamento do usuário, estação climática e condições ambientais (Cole, 1987). Cole (2004) acrescenta que logo após a abertura da trilha, pequenos aumentos na frequência do uso causam aumentos pronunciados no impacto; porém, o nível de degradação decresce com o aumento do uso.

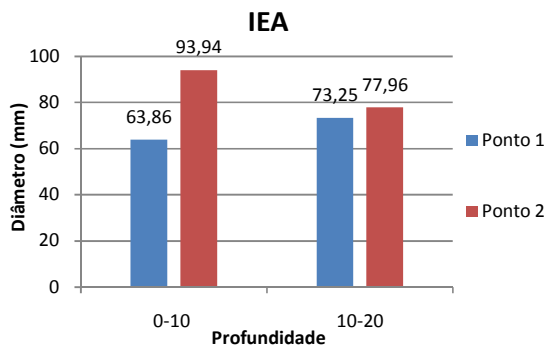


**Gráfico 3.** Diâmetro Médio Ponderado (DMP), medido em milímetros, dos pontos coletados nas duas profundidades amostradas na trilha Praia do Sono- Praia de Antigos.

O ponto 1 apresentou DMP muito baixa, principalmente na profundidade de 0-10 cm. Este valor é 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 e aumentando a erosão.

Conforme dito anteriormente, os baixos valores do DMP podem estar relacionados com o intenso pisoteio da trilha e falta de estruturas de conservação e ações de manejo.

Verificou-se que o IEA apresentou a mesma tendência que o DMP. O ponto 1 apresentou os menores valores (63,86% e 73,25%) e o ponto 2 apresentou os maiores valores (93,94% e 77,96%). O gráfico 4 apresenta os resultados obtidos.



**Gráfico 4.** Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), medido em porcentagem, dos pontos coletados nas duas profundidades amostradas na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

Christensen (2001) destaca que além das interações entre os minerais, a interação destes com a matéria orgânica, constituindo complexos organominerais, afeta intensamente o tamanho dos agregados estáveis em água. Pode-se inferir, portanto, que no ponto 1 deve estar havendo maior concentração de matéria orgânica, já que neste ponto a estabilidade dos agregados foi maior.

O ponto 1, apesar de apresentar as menores taxas de IEA e de DMP, ainda está dentro dos limites de boa agregação do solo, onde  $DMP > 0,5$  mm (CASTRO FILHO et al., 2002).

Diferentemente da trilha Laranjeiras - Praia do Sono, que apresenta escadas de madeira e de cimento, estruturas de contenção e pontes, a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos não apresenta na sua extensão nenhum tipo de estrutura de conservação e manejo.

Além de aspectos como manejo e clima, a agregação do solo também está associada à sua textura (BRONICK & LAL, 2005), o que também foi verificado neste trabalho. Com relação à análise da textura, observou-se que o ponto 1 possui textura Franco-argilosa, nas duas profundidades amostradas e o ponto 2 apresentou textura Franco na profundidade de 0-10cm e Argilosa na profundidade de 10-20 cm (Tabela 2).

Esses resultados reforçam os dados de estabilidade de agregados, que apresentam o ponto 2 como menos degradado, já que ele possui maior teor de argila, que é um importante elemento na formação do agregado.

A textura afeta a erosão, já que algumas frações granulométricas são mais facilmente removidas que as outras. O teor de silte também afeta a erodibilidade (EVANS, 1990). Costa (2006), observou ao analisar a trilha do Camorim no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ), grandes concentrações de silte e areia, relacionando esses teores à presença de feições erosivas. Sendo assim, a elevada porcentagem de Silte no ponto 1 (36,17% e 35,45%) está relacionado com a maior erodibilidade do solo e com a presença de feições erosivas significativas.

O solo nos dois pontos de coleta, estão bastante compactados, prejudicando, assim a infiltração de água, o crescimento de raízes, diminuindo a porosidade do solo. Estes fatores são fundamentais para o aumento da erosão.

**Tabela 3.** Resultado das análises granulométricas na trilha Praia do Sono-Praia de Antigos

<b>TEXTURA DO SOLO NA TRILHA PRAIA DO SONO-PRAIA DE ANTIGOS</b>					
	<b>Profundidade</b>	<b>Areia (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Silte (%)</b>	<b>Textura</b>
Ponto 1	0 -10 cm	34,83	29,00	36,17	Franco - Argilosa
Ponto 2		34,20	38,4	27,41	Franco
Ponto 1	10 -20 cm	44,35	20,20	35,45	Franco - Argilosa
Ponto 2		41,34	43,40	15,26	Argilosa

**Tabela 4.** Densidade do solo nos pontos amostrados na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

<b>DENSIDADE DO SOLO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	
<b>0 - 10 cm</b>	<b>Trilha</b>
Ponto 1	1,58
Ponto 2	1,47
<b>10 - 20 cm</b>	
Ponto 1	1,59
Ponto 2	1,54

### **Conclusões**

Conclui-se que o IEA e o DMP se mostraram eficientes para analisar o impacto da utilização das trilhas analisadas. Percebeu-se ainda, que a textura do solo, principalmente com relação à concentração de argila, tem relação direta com a formação de agregados maiores e consequentemente, maiores índices de estabilidade de agregados.

Verificou-se que a trilha Laranjeiras - Praia do Sono apresentou melhores resultados de agregação do que a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, indicando que o solo está menos degradado.

A elevada declividade da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, a falta de estruturas de manejo, como escadas e degraus, e a vegetação do entorno da trilha (condicionando menos serapilheira no leito da

trilha), influenciaram diretamente para os resultados encontrados

Conclui-se, portanto, que os índices de agregação do solo juntamente com a análise da textura e da densidade do mesmo podem ser utilizados como índices de qualidade do solo, já que são indicadores dos atributos do solo. Esses índices exprimem se o solo está ou não degradado.

A utilização de estruturas de manejo, assim como, iniciativas para preservação e educação ambiental poderiam diminuir os impactos nas trilhas, principalmente na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, que está bastante degradada.

## Agradecimentos

Esta proposta de pesquisa está vinculada ao projeto: "Diagnóstico de danos ambientais em unidades de conservação: Parque Estadual da Serra do Mar (núcleo Picinguaba) e Parque Nacional da Serra da Bocaina (Área de Proteção Ambiental do Cairuçu) e Reserva Ecológica da Joatinga" financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao projeto "Diagnóstico de danos ambientais em Unidades de Conservação: Parque Nacional da Serra da Bocaina (Área de Proteção Ambiental do Cairuçu) e Reserva Ecológica da Joatinga" financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

BRADY, N. C. (1989). The nature and properties of soils. Antônio B. Neiva Figueiredo (Trad.). Rio de Janeiro: Freitas Bastos.

Brasil (2000). Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000 – Criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). 2000. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1998/5.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1998/5.htm). Acesso em: 13 jul. 2012.

Bronick, C.J. & Lal, R. (2005) Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124:3-22.

Campo, S, B. C. D.; Reinert, D. J. (1999) 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.

Castro filho, C. & Logan, T. J. (1991) Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Science Society of America*. v.55. p. 1407-1413.

Castro Filho, C.; Muzilli, O. & Podanoschi, A. L. (1998). 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.

Castro Filho, C., Lourenço, A., DE F. Guimarães, M. e Fonseca, I. C. B. (2002). Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research*. v.65, n.1, p.45-51.

Christensen, B.T. (2001). Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *Europe Journal Soil Science*. v. 52. p.345-353.

Cole, D.N. (1987) Research on soil and vegetation in wilderness: a state-of-knowledge review. In: Lucas, R.C. Proceedings - National Wilderness Research Conference: Issues, State-of-knowledge, Future Directions. General Technical Report INT-220. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research Station, Ogden, Utah, p. 135-177.

Cole, D.N. (2004) Impacts of Hiking and Camping on Soils and Vegetation: A Review. In: Buckley, R. Environmental impacts of ecotourism. International Centre for Ecotourism Research, Griffith University, Parklands Drive, Gold Coast, Queensland, Australia.

Costa, V. C. da (2006). Propostas de Manejo e Planejamento Ambiental de Trilhas Ecoturísticas: Um Estudo no Maciço da Pedra Branca – Município do Rio de Janeiro (RJ). 2006. 325f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Costa, V. C. da; Triane, B. P.; Costa, N. M. C. da. (2008) Impactos ambientais em trilhas: agricultura X Ecoturismo - um estudo de caso na Trilha do Quilombo (PEPB—RJ). *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v.1, n.1, p.84-113.



Doran, J.W. & Jones, A.J. (1996) Methods for assessing soil quality. Madison, SSSA, 410p.

Doran, J.W.; Parkin, T.B. (1994) Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; STEWART, B.A. (eds). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSAJ, Madison, v. 35. p.3-22.

Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1979) Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 247p.

Evans, R. (1990). Water erosion in British farmers fields - some causes, impacts, predictions. Progress in Physical Geography. v. 14, p. 199-219.

Gomes, M. (2004). Dinâmica Espacial do uso da terra na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra da Bocaina. In: Anais - II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju/SE, 10 a 12 de novembro de 2004.

Guerra, A. J. T e Mendonça, J. K. S. (2004). Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: Vitte. A. C. e Guerra, A. J. T. (org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Hillel, D. (2003) Introduction to Environmental Soil Physics. Burlington: Academic Press. p. 73-89.

ICMBIO. Plano de Manejo da APA de Cairucu. 2004. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2240-apa-de-cairucu.html>. Acesso em 06 ago. 2012.

Kemper, W. D. &. Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (org.) Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America.

Kindel, A. (2001) A fragmentação Real: Heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. (Doutorado). Pós Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

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

Jewell, M. C. e Hammitt W. E. (2000). Assessing Soil Erosion on Trails: A Comparison of Techniques. In: USDA Forest Service Proceedings RMRS. 2000, v. 5. p. 133-140.

Lechner, L. (2006). Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Cadernos de Conservação, ano 3, n.3, junho.

Magro, T.C. (1999). Impactos do Uso Público em uma Trilha no Planalto Nacional do Itatiaia. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia – Universidade de São Paulo, São Carlos.

Marques, M.C.M. (Org.) Mapeamento da cobertura vegetal e listagem das espécies ocorrente na área de proteção ambiental de Cairucu, município de Paraty, RJ. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1997. 96 p. (Série Estudos e Contribuições).

Metzger, J. P. (1999). Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências.

Neiman, Z.; Cardoso-leite, E.; Podadera, D. S. (2009) Planejamento e implantação participativos de programas de interpretação em trilhas na “RPPN Paiol Maria”, Vale do Ribeira (SP). In: Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v.2, n.1, p.11-34.

Oades, J.M. (1984) Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*. v. 76, p. 319 – 337.

Phillips, A. (2002). *Management Guidelines for IUCN Category V Protected Areas: Protected Landscapes/Seascapes*. UK: IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.

Sherwood, S. & Uphoff, N. (2000) Soil health: Research, practice and policy for a more regenerative agriculture. *Appl. Soil Ecology* v. 15, p. 85-97.

Takahashi, L. Y. (1998) *Caracterização dos visitantes, suas preferências e percepções e avaliação dos impactos da visitação pública em duas unidades de conservação do Estado do Paraná*. 1998. 129f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Tisdall, J. M. e Oades, J. M. (1982). Organic matter and water stable aggregates in soils. *Soil Science American Journal*. v. 33, p. 141-163.

Veloso, H. P.; Filho, A. L. R. R. & Lima, J. C. A. (1991) *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, Ed. IBGE. 123p.

Whitmore, T.C. (1978). Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson, P.B. e Zimmermann, M. H. (org) *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, New York, p.639-655.

Zimmerman, B. L. & Bierregaard, R. O. (1986) Relevance of the equilibrium theory of island biogeography with an example from Amazonia. *Journal Biogeography*.

Yoder, R. E. (1936). 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.