

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**O IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NA ÁREA
DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CAIRUÇU - PARATY –
RIO DE JANEIRO**

LUANA DE ALMEIDA RANGEL

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2014

Luana de Almeida Rangel

**O IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NA ÁREA DE
PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CAIRUÇU - PARATY – RIO
DE JANEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Planejamento e Gestão Ambiental), Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

R196 Rangel, Luana de Almeida
O Impacto da Utilização de Trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro / Luana de Almeida Rangel. – Rio de Janeiro: PPGG UFRJ, 2014.
184f.: il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2014.

Orientador: Antonio José Teixeira Guerra

1. Impactos Ambientais. 2. Processos Erosivos. 3. Geografia
4. Unidade de Conservação. – Teses. I. Guerra, Antonio José Teixeira (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD: 551.4

Luana de Almeida Rangel

O IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NA ÁREA DE
PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CAIRUÇU - PARATY – RIO
DE JANEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Planejamento e Gestão Ambiental), Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovada em 17/02/2014, por



Antonio José Teixeira Guerra, Ph.D. (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ)



Telma Mendes da Silva, D.Sc. (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ)



Zysman Neiman, D.Sc (Departamento de Ciências Biológicas - UNIFESP)

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Vera Lúcia de Almeida, por todo apoio desde sempre, e ao meu pai Wagner Rangel, *in memoriam*.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e financiamento desta pesquisa através dos projetos do LAGESOLOS.

Ao meu orientador, Antonio José Teixeira Guerra, pela atenção e orientação.

Ao Programa de Pós Graduação em Geografia.

Aos professores, Evaristo de Castro Junior e Nelson Ferreira Fernandes, pela preocupação, consideração e atenção durante a minha Graduação.

Aos professores, Paulo César da Costa Gomes e Rafael Straforini, que foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico.

Ao pesquisador Guilherme Kangussú Donagemma, que me orientou durante meu estágio na Embrapa-Solos.

Aos atuais e ex integrantes do LAGESOLOS que participaram do desenvolvimento desta pesquisa, Carmem Vieira, Claudio Lessa, Juliana Pena, Luana Balbino, Maria Carmen Jorge e Sara Neves, e em especial ao Hugo Lourenço e Luiz Fernando Tavares, por todos os almoços juntos; Helton Santos, Raphael Brizzi, Alessandro Bessone, Luana Moraes, por toda força nos trabalhos de campo; e para Márcia Martins e Stella Mendes, que além de ajudar no desenvolvimento da pesquisa se tornaram boas amigas.

Aos membros do NESAG, Fernando Cesário, Fernando Pessoa, Felipe Alves, Márcio D'Arrochella e Rodrigo Araújo, que durante a minha graduação estiveram presentes de alguma forma.

Às queridas amigas, Ana Carolina Tavares, Maíra Zani, Christiane Brazão e Julia Lourenço, sempre presentes ao longo desses seis anos.

Aos queridos Cayo Franco, Eduardo Viana, Diego Lima, Felipe Vommaro, Gabriel Brasil, Guilherme Leite, Nuno Graça e Renato Tórtora, amigos que a Geografia me proporcionou.

A toda comunidade da Praia do Sono e da Ponta Negra, em especial ao Fábio, barqueiro que ajudou em todos os trabalhos campos fazendo nosso transporte.

A todos os motoristas do IGEO, em especial ao Eduardo, ao Sassá, ao Vanderlei e ao Sidney.

RESUMO

RANGEL, Luana de Almeida. **O Impacto da Utilização de Trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A criação de Unidades de Conservação, visando à proteção dos recursos naturais e biológicos, se torna cada vez mais frequente. Muitas dessas áreas protegidas estão localizadas em áreas de difícil acesso e possuem diversos atrativos naturais. Sendo assim, quando não houver planejamento e manejo adequados, a utilização de trilhas dentro dessas áreas pode se tornar uma força de tensão. A presente dissertação tem como objetivo analisar as qualidades físicas e ambientais, indicando os impactos da utilização de três trilhas no sul da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, localizada no sul do município de Paraty (RJ). Para realização da pesquisa, foram selecionadas três trilhas de diferentes tamanhos (Laranjeiras-Praia do Sono, Praia do Sono-Praia de Antigos e Praia de Galhetas–Ponta Negra), porém de relativa importância acordo com o Plano de Manejo da APA de Cairuçu. Foram realizados diversos trabalhos de campo entre agosto e novembro de 2012, onde foram feitas coletas de amostras de solo, para analisar a qualidade do mesmo, e foram observados os impactos visuais através da pesquisa descritiva e do Manejo de Impacto de Visitação (MIV). Além disso, foram mapeadas as feições erosivas encontradas em cada trilha. A utilização desses métodos permitiu relacionar a percepção dos impactos visuais (feições erosivas, presença de lixo, queimadas e pichações) com a qualidade química e física do solo (textura, porosidade, densidade, estabilidade de agregados em água e teor de matéria orgânica do solo), visando elaborar estratégias de manejo e nortear o planejamento para diminuição dos impactos e recuperação das áreas degradadas nas trilhas. Verificou-se que as trilhas apresentam impactos distintos, mas que todas possuem, pelo menos, uma feição erosiva em seu leito, indicando a necessidade de recuperação e de adoção de técnicas de manejo, como a instalação de canaletas e bolsões de drenagem, revegetação da área de borda da trilha, incorporação de matéria orgânica no leito e alteração no traçado da trilha. Constatou-se, também, com relação à qualidade do solo, que o leito das trilhas, em comparação com a área de borda, está sofrendo com o intenso pisoteio e com a falta de vegetação, favorecendo o escoamento superficial concentrado, a rápida quebra dos agregados e o aumento da densidade do solo. A trilha Praia do Sono-Praia de Antigos possui a situação mais crítica, com baixos índices de agregação do solo, com a presença de diversas ravinas muito desenvolvidas e pontos onde a perda de borda crítica gera risco ao usuário, exigindo a sua interdição e elaboração de um novo traçado. Conclui-se que a partir das metodologias propostas, foi possível realizar um diagnóstico dos impactos observados e a partir disso, destaca-se que falta de conscientização ambiental dos usuários, de fiscalização e de técnicas de manejo estão afetando negativamente a situação das trilhas, bem como, estão colocando em xeque o preceito de manutenção de uma área protegida, pois a utilização desordenada das trilhas pode prejudicar a conservação da APA.

Palavras-Chave: Impacto Ambiental; Planejamento Ambiental; Unidades de Conservação; Trilhas Ecoturísticas.

ABSTRACT

RANGEL, Luana de Almeida. **O Impacto da Utilização de Trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The creation of protected areas, in order to protect the natural and biological resources, becomes increasingly frequent. Many of these protected areas are located in areas with difficult access, and they have many natural attractions. Therefore, when there is no adequate planning and management, the use of trails in these areas can be regarded as a tensile strength. This dissertation aims to analyze the physical and environmental qualities, indicating the impact of the use of three trails in Southern of Environmental Protection Area of Cairuçu, located in the southern Municipality of Paraty (Rio de Janeiro State). To carry out this research work, three trails of different sizes were chosen (*Laranjeiras-Praia do Sono, Praia do Sono-Praia de Antigos e Praia de Galhetas–Ponta Negra*). Several field trips were conducted, between August and November 2012, where soil samples have been collected to analyze soil quality, and the visual impacts were observed through the descriptive research and through the Management Impact of Visitation (MIV). The erosional features have been mapped in each trail. The use of these methods allowed to relate the perception of visual impacts (erosional features, presence of litter, graffiti and burn) with the chemical and physical quality of soil (texture, porosity, bulk density, aggregate stability and soil organic matter), to develop management strategies and to guide the planning for mitigation of impacts and recovery of degraded areas on the trails. It has been found that the trails have different impacts, but they all have at least an erosion feature on it bed, indicating that they need rehabilitation and adoption of management techniques, such as the installation of drainage channels, revegetation of border area, incorporation of organic matter in the bed and change the layout of the trail. Also it was found with respect to soil quality, the bed of the trails, compared to the border area, is suffering from intense stepping and the absence of vegetation, favoring concentrated runoff, rapid breakdown of aggregates and increased soil density. The *Praia do Sono-Praia de Antigos* trail has the most critical situation, with low rates of soil aggregation, with the presence of highly developed rills and points where the loss of critical edge generates risk to the users, requiring its interdiction and the development a new route. It was concluded that, based on the proposed methodology, it was possible to make a diagnosis of the impacts observed, and from that it is emphasized that lack of environmental awareness, the absence of supervision and management techniques are affecting the situation of the trails, making it difficult to maintain a protected area.

Key-words: Environmental Impact; Environmental Planning; Conservation Units; Trails.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da zona de influência de uma trilha. Adaptado de: Costa, 2006.....	11
Figura 2: Aumento do escoamento superficial e aceleração de erosão em ravinas nas trilhas. Fonte: Magro, 1999.....	13
Figura 3: Modelo dos efeitos do pisoteio na vegetação e no solo na trilha. Fonte: Magro, 1999.....	14
Figura 4: Trilha <i>Enseada de Laranjeiras - Praia do Sono</i> , onde é possível observar que há fragmentação interna do fragmento florestal formada pela trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	18
Figura 5: Localização da APA de Cairuçu e da Reserva Ecológica da Juatinga. Elaboração própria, 2014.....	32
Figura 6: Histograma de precipitação total anual da APA de Cairuçu entre os anos de 1979 e 1999. Fonte: ICMBIO, 2004.....	34
Figura 7: Floresta Ombrófila Densa na trilha Laranjeiras-Praia do Sono, dentro da APA de Cairuçu. Acervo: L. A. Rangel, 2012.	37
Figura 8: Vista da praia do Sono onde se observa a Floresta Ombrófila Densa (ao fundo), a vegetação de Mangue e a formação de um estuário. Acervo: L. A. Rangel, 2012.	39
Figura 9: Esquema da área de borda da trilha, definida pelo <i>buffer</i> de 5 metros. Elaboração própria.....	42
Figura 10: Abertura de trincheira para coleta de blocos para realização da estabilidade de agregados. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	44
Figura 11: Aparelho de Yoder onde as amostras são submetidas ao tamisamento úmido. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	45
Figura 12: Processo de coleta e análise das amostras para determinação da estabilidade de agregados em água. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	46
Figura 13: Pipetagem da fração argila durante a análise granulométrica. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	47
Figura 14: Amostras no forno mufla no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho de Meis/UFRJ. Acervo: L. A. Rangel, 2013.....	50
Figura 15: Erlenmeyers com 0,5g da amostra com dicromato de potássio e ácido ortofosfórico adicionados (esquerda); término da titulação, após a mudança da coloração da solução para verde, encerrando a titulação (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	52

Figura 16: Ilustração da aplicação de mensurações do limite da área pisoteada em terrenos planos. Fonte: Farrell e Marion, 2002.....	54
Figura 17: Exemplo de elevada exposição de rochas (esquerda) e elevada exposição de raízes (direita) no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	56
Figura 18: Degraus originados pelo pisoteio da trilha, exposição de blocos rochosos e pelo fluxo de água (esquerda) e degraus relacionados à colocação de estruturas de madeira (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	56
Figura 19: Ravina no leito da trilha com acumulação de serapilheira. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	57
Figura 20: Etapas para aplicação do MIV/VIM. Fonte: Adaptado por Costa (2006).....	58
Figura 21: Variações na vegetação da Trilha Laranjeiras – Praia do Sono. Floresta ombrófila densa (esquerda) e área descampada com a presença de gramíneas (direita). Acervo L. A. Rangel, 2012.	61
Figura 22: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Laranjeiras – Praia do Sono. Elaboração própria, 2014.....	62
Figura 23: Pequeno deslizamento que ocorreu na encosta. Possivelmente, o material deslizado acumulou-se no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.	63
Figura 24: Ravina no leito da trilha com o acúmulo de serapilheira e vegetação danificada na borda da trilha. Destacado em vermelho uma ponta de cigarro deixada na trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	64
Figura 25: Encosta com vegetação predominante de gramíneas e em destaque duas áreas com início de processo erosivo (esquerda). Corte na encosta e em destaque blocos rochosos (direita).....	65
Figura 26: Solo compactado com ravina atravessando o leito da trilha (esquerda) e o acúmulo de serapilheira na borda (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	66
Figura 27: Ravina e escada de madeira (esquerda) evidenciando fluxo superficial concentrado. Em detalhe, acúmulo de serapilheira dentro da ravina e no leito da trilha (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.	66
Figura 28: (a) Árvore queimada e caída sobre a fiação elétrica. (b) Troncos cortados e queimados na borda da trilha. (c) Árvore caída no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.	67
Figura 29: Ravina, com fluxo preferencial para a borda da trilha, bem desenvolvida com acúmulo de serapilheira. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	68
Figura 30: Borda crítica, erosão e desbarrancamento (setas em vermelho), supressão da vegetação e abertura de uma “clareira” no corredor da trilha (destacado em amarelo). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	69

Figura 31: Escada e ponte em cima de ravina bem desenvolvida no leito da trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.....	70
Figura 32: Borda crítica na trilha Laranjeiras - Praia do Sono, onde verifica-se o desbarrancamento da encosta e o estreitamento do leito.	71
Figura 33: Movimento de massa e escada de cimento construída à montante do deslizamento. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	72
Figura 34: (a) Visão geral do terceiro ponto de coleta com a presença de ravinas no leito da trilha. (b1) e (b2) Em detalhe raízes e rochas expostas no leito da trilha no quarto ponto de coleta. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	75
Figura 35: Terceiro ponto de coleta onde foram colocados degraus de madeira e em seu prolongamento existe a formação de degraus sem contenção (em vermelho), ao lado dos degraus verifica-se o início de uma feição erosiva (seta em laranja) e observa-se, ainda, o solo com “fissuras” indicando a grande compactação do mesmo (detalhe em amarelo). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	76
Figura 36: Pontos (dois e cinco) de coleta com diferentes larguras na trilha, destacado em vermelho o limite da área pisoteada e em amarelo a largura da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	77
Figura 37: Pichação no primeiro ponto de coleta (esquerda) e lixo no segundo ponto de coleta (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	78
Figura 38: Perfil Topográfico da trilha Laranjeiras - Praia do Sono e altitude dos pontos de coleta. Adaptado do Google Earth, 2013.....	80
Figura 39: Encosta onde está localizada a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, destacado em azul o córrego do Sono que recebe sedimentos da trilha quando chove. Em detalhe, feição erosiva significativa na trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.....	96
Figura 40: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos. Elaboração própria, 2014.....	97
Figura 41: Exposição de raízes e blocos rochosos no leito da trilha evidenciando erosão laminar. Destacada, em vermelho, área com acúmulo de água. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	98
Figura 42: Exposição de rochas e raízes no leito da trilha. Destacada em vermelho, ravina na borda da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	99
Figura 43: Ponto com intenso processo erosivo, onde observa-se a compactação do solo e, em detalhe, ravina no leito e na borda da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	100
Figura 44: (a) Ravina no leito da trilha e erosão na borda crítica destacada. (b) Ravina bem desenvolvida com presença de blocos rochosos no seu interior e cabeceira destacada em vermelho. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	101

Figura 45: Feição erosiva provocada por concentração de fluxo de água e agravada pela tentativa de abertura de uma estrada aproveitando o traçado da trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.....	102
Figura 46: Vista geral do primeiro ponto de coleta (esquerda) e canal preferencial de água que drena da área de borda para o leito da trilha (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	105
Figura 47: Visão geral do segundo ponto de coleta com a presença de raízes no leito da trilha e de bloco rochoso de tamanho significativo. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	106
Figura 48: Perfil Topográfico da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos e altitude dos pontos de coleta. Adaptado do Google Earth, 2013.....	108
Figura 49: Vegetação ombrófila (esquerda) e vegetação arbustiva (direita) na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	121
Figura 50: Vista da praia de Galhetas com a presença de blocos rochosos de diversos tamanhos. Ao fundo, atrás da encosta, está localizada a praia de Ponta Negra. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	122
Figura 51: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Elaboração própria, 2014.....	123
Figura 52: (a) Encosta com vegetação queimada no divisor da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. (b) Degraus evidenciando a concentração do fluxo de água no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.	124
Figura 53: Início da trilha próximo à praia de Galhetas; e em detalhe, resto de fogueira em uma área com presença de gramíneas. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	125
Figura 54: Primeiro ponto de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra; observa-se a presença de blocos rochosos e degraus no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	128
Figura 55: Segundo ponto de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra; em destaque lata encontrada no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.....	129
Figura 56: Perfil Topográfico da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra e altitude dos pontos de coleta. Adaptado do Google Earth, 2013.....	131
Figura 57: Sugestão de placa de informações para a trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Elaboração própria, 2014.....	141

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 1 a 4: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).....	84
Gráficos 5 a 8: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.....	92
Gráficos 9 a 12: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Praia do Sono-Praia de Antigos, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).....	111
Gráficos 13 a 16: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.....	116
Gráficos 17 a 20: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).....	134
Gráficos 21 a 24: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.....	81
Tabela 2: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.....	82
Tabela 3: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.....	87
Tabela 4: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono na profundidade de 0-10 cm.....	89
Tabela 5: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono na profundidade de 10-20 cm.....	89
Tabela 6: 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.....	94
Tabela 7: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.....	94
Tabela 8: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.....	109
Tabela 9: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.....	109
Tabela 10: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.....	113
Tabela 11: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos na profundidade de 0-10 cm....	113
Tabela 12: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos na profundidade de 10-20cm...	114
Tabela 13: 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.....	119
Tabela 14: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.....	119

Tabela 15: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.....	132
Tabela 16: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.....	132
Tabela 17: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.....	135
Tabela 18: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra na profundidade de 0-10 cm.....	136
Tabela 19: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra na profundidade de 10-20 cm...	136
Tabela 20: 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.....	140
Tabela 21: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.....	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

API - Áreas de Proteção Integral

DMG - Diâmetro Médio Geométrico

DMP - Diâmetro Médio Ponderado

CO – Carbono Orgânico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS – Global Position System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIo - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEA - Índice de Estabilidade dos Agregados

INEA - Instituto Estadual do Ambiente

LAGESOLOS – Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos

MIC - Máxima Incisão Piso Atual

MIP – Máxima Incisão Pós-construção

MIV – Manejo do Impacto de Visitação

MO – Matéria Orgânica

MOS - Matéria Orgânica do Solo

QS - Qualidade do Solo

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativas.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo Geral.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO.....	6
2.1. Área de Proteção Ambiental	6
2.2. Trilhas.....	9
2.2.1. Impactos Ambientais nas Trilhas.....	12
2.2.2. Fragmentação florestal ocasionada pelas trilhas.....	15
2.2.3. Efeito de borda induzido pelas trilhas	19
2.2.4. Métodos de Avaliação de Trilhas.....	20
2.3. Indicadores de Qualidade do Solo.....	21
2.3.1. Estabilidade dos Agregados na Erosão do Solo pela Água.....	22
2.3.2. Matéria Orgânica e Carbono Orgânico do Solo.....	25
2.3.3. Textura e Porosidade	27
2.3.4. Densidade Aparente do Solo e de Densidade de Partículas	29
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.1. Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	30
3.1.1. Caracterização Climática da APA de Cairuçu.....	33
3.1.2. Aspectos Geológicos da APA de Cairuçu.....	34
3.1.2.1. Domínio Gnáissico e Corpos Graníticos	35
3.1.2.2. Sedimentos Aluvionares	35
3.1.2.3. Sedimentos Colúvio-Aluvionares	36
3.1.3. Vegetação	36
3.1.3.1. Floresta Ombrófila Densa.....	37
3.1.3.2. Vegetação Arbustiva.....	38
3.1.3.3. Manguezal.....	38
3.1.4. Geomorfologia e Caracterização dos Solos.....	39
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4.1. Coleta e Análise das Amostras de Solo.....	42
4.1.1. Estabilidade dos Agregados em Água.....	44

4.1.2. Análise da Textura do Solo.....	47
4.1.3. Densidade Aparente do Solo	48
4.1.4. Densidade de Partículas.....	49
4.1.5. Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico do Solo.....	49
4.1.5.1. Método Direto: Perda de massa por ignição	50
4.1.5.2. Método Indireto: Análise química do carbono orgânico	51
4.1.7. Porosidade Total	53
4.2. Análise dos Impactos da Visitação nas Trilhas	53
4.2.1. Pesquisa Descritiva	54
4.2.2. Manejo de Impacto de Visitação (MIV/VIM)	57
5. PERCORRENDO E AVALIANDO AS TRILHAS.....	60
5.1. Trilha Laranjeiras – Praia do Sono.....	60
5.1.1. Análise das Feições Erosivas.....	61
5.1.2. Avaliação dos Impactos da Visitação.....	72
5.1.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados.....	79
5.2. Trilha Praia do Sono – Praia de Antigos	95
5.2.1. Análise das Feições Erosivas.....	96
5.2.2. Avaliação dos Impactos da Visitação.....	102
5.2.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados.....	107
5.3. Trilha Praia de Galhetas - Ponta Negra.....	121
5.2.1. Análise das Feições Erosivas.....	122
5.2.2. Avaliação dos Impactos da Visitação.....	125
5.2.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados.....	130
6. CONCLUSÕES	142
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146

1. INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação social com relação à utilização dos recursos naturais contribuiu 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.

Costa (2008) destaca que a avaliação dos aspectos geográficos de uma área permite melhor detalhamento dessas potencialidades e fragilidades. Frente a esta perspectiva, a adoção de práticas de conservação da natureza está se tornando cada vez mais frequente, para tal, muitas vezes são criadas Unidades de Conservação (UCs).

O conceito contemporâneo de Unidade de Conservação surge em 1870, nos Estados Unidos, com a criação do *Parque Nacional de Yellow Stone*. A implementação do parque foi influenciada pelas ideias de preservação com o objetivo de manter remanescentes intocados para contemplação. (CASTRO JUNIOR *et al.* 2009)

A ideia de parque, por muito tempo, passou a ser tratada como sinônimo de unidade de conservação e não se pensava em áreas protegidas voltadas exclusivamente para a preservação da natureza, com pouca ou nenhuma interferência humana. Além disso, não se trabalhava a hipótese de transformar territórios já ocupados pelo ser humano em UCs com o objetivo de ordenar a presença humana e de garantir funções ecológicas básicas do ecossistema, como hoje ocorre com as Áreas de Proteção Ambiental brasileiras. (SANTOS, 2008)

No Brasil, a partir da segunda metade do século XX, a conservação da biodiversidade se tornou um objetivo explícito das discussões sobre a proteção da natureza. Após a criação do Código Florestal em 1934 foram elaboradas leis ambientais que facilitaram o estabelecimento unidades de conservação no modelo como conhecemos hoje. Em 1937 o governo decreta a criação do primeiro parque nacional, o Parque Nacional do Itatiaia. Esse evento marca o início efetivo da política de estabelecimento e gerenciamento de unidades de conservação no Brasil.

Na década de 1970 os conflitos entre populações humanas e áreas protegidas se intensificam, e as questões sociais, políticas e econômicas que levam à destruição de *habitats* passam a ser intensamente discutidas. Começa a se esboçar a necessidade de

criação de Unidades de Conservação para além das Áreas de Proteção Integral (API)¹, ampliando o conceito de estratégia de conservação, gestão territorial e de disciplina do acesso e uso de recursos naturais.

Para tal, foram criadas as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), que para Andrade (2009) são instrumentos de planejamento ambiental, que têm como objetivo assegurar o bem estar das populações humanas e conservar, ou melhorar, as condições ecológicas locais, possibilitando o manejo disciplinado, em áreas com certo grau de ocupação humana. Sendo assim, as atividades humanas devem ser exercidas com responsabilidade no sentido de permitir a integridade e a manutenção da qualidade ambiental.

Como as APAs são áreas em geral extensas, que visam proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRITO e CÂMARA, 1998), é de suma importância que sejam feitas diversas análises ambientais e socioeconômicas.

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 APAs podem impactar não só na dinâmica do solo, mas também, no ecossistema como um todo. Costa *et al.* (2008) destacam que existe uma deficiência no estudo dos impactos causados pelo uso indiscriminado das trilhas no interior das Unidades de Conservação. Costa *et al.* (2007) ainda afirmam que:

É importante o estudo da resiliência em trilhas, pois são importantes indicadores das condições de seu uso, da degradação que pode ser causada pela intensidade e intensificação da visitação, da qualidade e da segurança de serviços oferecidos e possíveis alterações no patrimônio natural (biodiversidade e paisagens). (COSTA *et al.*, 2007, p. 119).

As trilhas podem ser de diferentes tipos e classificadas de diversas maneiras, quanto à função, à forma, ao grau de dificuldade e à declividade do terreno (ANDRADE, 2003).

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,

¹ As Áreas de Proteção Integral têm como objetivo preservar a natureza sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. (BRASIL, 2000)

trilhas instaladas em locais mais propensos à degradação, sob uso intensivo e sem manejo podem comprometer os objetivos gerais das UCs (KROEFF, 2010).

Visa-se, com o desenvolvimento desta pesquisa, não só auxiliar aos gestores de Unidades de Conservação a planejar a localização e o manejo das trilhas, como também, inferir qual o impacto ocasionado pelas mesmas dentro das UCs, quais as áreas mais impactadas e qual seria a melhor forma de diminuir o impacto da utilização das trilhas sem inviabilizá-las.

Costa (2006) destaca que alguns gestores de UCs estão investindo em projetos e pesquisas que compreendam melhor o perfil dos visitantes e usuários locais, além disso, essas pesquisas visam compreender e destacar os impactos observados nas trilhas das UCs, como interferência negativa nos ecossistemas, presença de degradações e erosões. Pensando nas alterações que a utilização das UCs pode ocasionar, os estudos sobre qualidade do solo podem ajudar no manejo adequado das trilhas.

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 atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana (DORAN e PARKIN, 1994), é fundamental para que haja a adoção de práticas de manejo que ajudem na conservação do mesmo.

Portanto, para que seja feito um monitoramento adequado deve-se considerar o solo como um sistema aberto - que perde e ganha energia e matéria, além de suas fronteiras (GUERRA e MENDONÇA, 2004) – sendo que os diferentes usos e práticas de manejo adotados interferem diretamente nos atributos físicos do mesmo. Além disso, é preciso considerar a complexidade dos processos físicos e químicos que ocorrem no solo (KELTING *et al.*, 1999).

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.

Compreendeu-se que para estudar a interação das trilhas com o meio, isto é, a influência da dinâmica das trilhas no ecossistema como um todo, seria necessário desenvolver a pesquisa em uma área protegida. Portanto, escolheu-se a Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, localizada no município de Paraty. Por se tratar de uma

APA, a área não possui controle de visitantes e usuários das trilhas, portanto, buscou-se, através do estudo da erodibilidade do solo e da pesquisa descritiva contribuir para avaliação e gestão das trilhas inseridas dentro da área.

1.1. Justificativas

Seabra (1999) destaca que no Brasil existe pouco investimento na fiscalização e na manutenção de Unidades de Conservação, apesar da criação das mesmas ser cada vez mais frequente. Além do apelo à proteção dos recursos naturais, a pressão pela estruturação das UCs está associada ao desenvolvimento do ecoturismo que proporciona aumento de visitantes.

Kroeff (2010) destaca que o ecoturismo é o segmento da atividade turística que apresenta atualmente o maior crescimento, o que segundo Costa e Xavier da Silva (2004, p. 67) é visto como oportunidade de ganhos financeiros: “*as Unidades de Conservação (UC's) têm aproveitado seu potencial ecoturístico como uma alternativa de viabilidade econômica, a fim de manejar e administrar adequadamente estas áreas*”.

Esta proposta de estudo se justifica pelo fato de que mudanças na dinâmica do solo podem gerar impactos na integridade do mesmo, provocando processos erosivos e alteração das suas propriedades químicas e físicas, e até mesmo pode interferir no funcionamento dos ecossistemas da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu.

Essa APA foi escolhida por estar inserida no Bioma Mata Atlântica, e por ser considerada estratégica para a conservação da biodiversidade, pois constitui um corredor ecológico entre as matas primárias da Reserva Ecológica da Juatinga, o Parque Estadual da Serra do Mar e o Parque Nacional da Serra da Bocaina (GOMES *et al.*, 2004). Além disso, a APA Cairuçu está inserida em uma área considerada prioritária para conservação, segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2004), a área da Serra da Bocaina, onde é destacada a importância do Bioma Mata Atlântica e sua prioridade de conservação é definida como extremamente alta.

Pensando no impacto que as trilhas podem causar em áreas protegidas, é preciso avaliar se a utilização das mesmas está prejudicando o solo e por consequência o ecossistema, mas também o turismo, que é uma atividade econômica de suma importância dentro da APA.

Jewell e Hammitt (2000) destacam que os impactos da erosão geram condições indesejáveis nas trilhas que podem afetar negativamente a experiência de lazer do

usuário. Trilhas com acumulação de água e/ou profundamente erodidas podem gerar diversos problemas sociais, como a diminuição da utilidade funcional da mesma.

Ademais, reflete-se sobre a necessidade de entendimento da magnitude dos impactos causados pela incisão e pisoteio das trilhas em diferentes escalas e sobre o desenvolvimento de técnicas de planejamento e manejo mais apuradas.

Supõe-se, portanto, que a partir da utilização de indicadores de qualidade do solo é possível monitorar a capacidade do mesmo em exercer suas funções nos ecossistemas. Logo, conciliando esse método de análise do solo com a pesquisa descritiva de trilhas e com o conhecimento geográfico é possível expandir e aperfeiçoar o estudo sobre impactos ambientais, a partir de estudos da dinâmica do solo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é avaliar, através da utilização de indicadores de qualidade do solo e da pesquisa descritiva, o impacto de trilhas na Área de Proteção Ambiental do Cairuçu, no município de Paraty, litoral sul do Rio de Janeiro, visando a conservação das áreas protegidas e recuperação das mesmas, quando necessário.

1.2.2. Objetivos Específicos

1- Analisar os efeitos do pisoteio de pessoas nas trilhas dentro da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu;

2 - Realizar comparações entre a área de trilha, que sofre com o pisoteio, e a área de borda da trilha, que não sofre com o pisoteio, utilizando indicadores da qualidade do solo;

3 – Identificar a existência de feições erosivas nas trilhas e localizá-las;

4 – Sugerir medidas de controle para os impactos gerados visando à conservação do solo e o manejo de trilhas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Para elaboração da pesquisa foram discutidos alguns pontos importantes como a origem e a importância das Áreas de Proteção Ambiental, a utilização das trilhas e seus possíveis impactos, o uso de indicadores de qualidade do solo, como estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica, textura, densidade aparente, densidade de partículas e porosidade, para avaliar os impactos do pisoteio no solo. As ideias aqui apresentadas pretendem nortear a discussão sem finalizar os tópicos discutidos.

2.1. Área de Proteção Ambiental

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

É importante destacar a diferença entre uma UC - que é um espaço territorial instituído pelo poder público com a finalidade específica de conservar as características naturais relevantes presentes na área, podendo ser de proteção integral ou de uso sustentável – e uma área protegida – que além de todas as categorias de unidades de conservação previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (BRASIL, 2000), abrange também outras áreas especialmente protegidas, que não têm como finalidade específica conservar a natureza. É o caso, por exemplo, das terras indígenas, que têm como finalidade preservar a cultura dos povos indígenas que habitam a área, e como consequência, contribuem para a conservação da natureza.

Área de Proteção Ambiental (APA), 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. Portanto, manter a integridade dessa interação tradicional é essencial para a proteção, manutenção e evolução da área.

A origem da categoria Área de Proteção Ambiental (APA), primeira categoria que contemplou os conceitos de Paisagens Protegidas no Brasil, reside na criação do Parque Nacional de *Yellow Stone* em 1870, nos Estados Unidos. Os parques europeus também tiveram grande influência na criação das APAs, tendo como exemplo os *Parcs Naturels Régionaux*, na França, onde a criação é resultado de negociação e acordo entre

diversos municípios, junto com associações, sindicatos e iniciativa privada, que pretendem usufruir dos benefícios gerados pela proteção do patrimônio paisagístico, natural e cultural (PHILLIPS, 2002).

A legislação brasileira com relação às APAs se concentrou nas áreas com ocupação humana, mas também com valores bióticos, abióticos, estéticos e culturais especiais, que são importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas (PAGANI, 2009).

As APAs começaram a ser criadas em 1982, simbolizando um novo paradigma na conservação de recursos naturais no Brasil (ARAÚJO, 2007), e serviram para congregiar aspectos ambientais e sociais em uma área protegida. Hoje, as APAs são criadas nas esferas municipal, estadual e federal, sendo o principal instrumento da categoria de Unidades de Conservação de Uso Sustentável do SNUC, onde visa-se sincronizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais.

Os decretos e resoluções que influenciaram na criação e gestão de APAs são rígidos e específicos, pois, restringem a utilização de recursos naturais nela contidos; limitam atividades como agricultura, pecuária, mineração e projetos urbanos especificando a necessidade de pedir autorização para a entidade administradora antes que haja qualquer interferência da atividade urbana.

As APAs foram regulamentadas através das Resoluções CONAMA 10/88 e 13/90, sendo posteriormente incluídas e aperfeiçoadas pelo SNUC. A Lei Federal nº 9985/2000 outorgou às APAs a condição de UCs dentro do SNUC, correspondentes à categoria V da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) definidas como:

Uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

A criação de uma APA pressupõe a identificação de fatores ambientais que apresentem fragilidade ou demandas por proteção (ANDRADE, 2009). Elas podem estar inseridas em áreas públicas ou privadas, onde se estabelecem normas específicas que devem ser fiscalizadas e gerenciadas pelo conselho gestor, que pode funcionar como um fórum, onde os conflitos são elucidados e resolvidos.

Como a maioria das APAs surgiu em áreas que já possuíam ocupação humana, a gestão dessas áreas de proteção é extremamente complexa e conflituosa, pois em muitos

casos é preciso administrar interesses divergentes sobre a manipulação e utilização das terras em questão.

Sendo assim, a partir do momento em que as áreas de proteção são estabelecidas é preciso elaborar um Plano de Manejo², onde o planejamento do uso do solo é feito através do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

O ZEE³ direciona a localização de atividades econômicas considerando, o potencial ambiental da região (FONTES, 1997). Segundo Cadavid García (1991), zoneamento é mais que identificar, localizar e classificar atributos de um território, é saber planejar de forma adequada questões essenciais para a funcionalidade do mesmo.

Portanto, um ponto fundamental na questão das APAs vem sendo o zoneamento; exigido legalmente, o conceito de zoneamento para Unidades de Conservação iniciou-se a partir de sua inclusão nas categorias de Proteção Integral. Entretanto, a característica da APA de considerar áreas privadas em seu interior, reporta uma semelhança com as limitações e dificuldades do zoneamento urbano (CORTE, 1997), advindo daí uma série de problemas nas APAs.

É importante destacar que a definição dos limites geográficos de uma APA depende dos objetivos propostos, podendo esta ser delimitada por uma bacia hidrográfica - que por muitos autores é considerada a unidade de planejamento ideal (COELHO NETTO, 1998 e BOTELHO e SILVA, 2004) – ou podendo ser demarcada a partir de limites políticos, ultrapassando assim os limites de uma bacia hidrográfica.

No presente trabalho, é adotada a definição de APA proposta pelo SNUC, com algumas considerações sobre o que foi apresentado por Andrade (2009), já que é possível considerar a APA como instrumento de suma importância para o planejamento ambiental.

Apesar das restrições impostas pelo SNUC, com relação à utilização das APAs, realidade é outra, isto é, o uso indiscriminado dos recursos naturais, aliado à falta de fiscalização evidencia a permissividade no que diz respeito à conservação dessas áreas, provocando, assim, grandes impactos sociais e naturais, nos fazendo pensar se essa

² Plano de Manejo é o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelecem o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 1988).

³ O ZEE é um instrumento para planejar e ordenar o território brasileiro, harmonizando as relações econômicas, sociais e ambientais que nele acontecem. Demanda um efetivo esforço de compartilhamento institucional, voltado para a integração das ações e políticas públicas territoriais, bem como articulação com a sociedade civil, congregando seus interesses em torno de um pacto pela gestão do território (BRASIL, 2002).

categoria de UC é mesmo eficiente, isto é, se a mesma cumpre com seu objetivo de proteção.

2.2. Trilhas

A grande quantidade de estudos sobre trilhas, tanto internacionais como nacionais, é decorrente da controvérsia que elas causam em Unidades de Conservação (UCs), já que uma área que foi criada com o intuito de ser preservada pode sofrer com o impacto da utilização das mesmas.

O termo “trilha” foi utilizado pela primeira vez no Brasil na década de 1970 e foi adaptado da palavra inglesa “*trail*”, que significa caminho, rastro ou picada (COSTA, 2006). Em todos os estudos feitos sobre o tema, 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).

Para Lechner (2006), as trilhas são, provavelmente, as rotas de viagem mais disseminadas pelo mundo, podendo ser a única forma de acesso em áreas naturais protegidas. 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)

Andrade (1997) destaca que a principal função das trilhas é suprir a necessidade de deslocamento. Passold (2002) enfatiza que além dessa função básica, ela motiva oportunidades de recreação aos visitantes, tornando-se um novo meio de contato com a natureza, além de contribuir com a proteção dos recursos naturais, incorporando assim nova característica e passando a ter um significado próprio.

As trilhas são, muitas vezes, criadas com o objetivo de melhorar ou proteger os recursos naturais e culturais de uma comunidade. Em termos de benefícios econômicos, elas proporcionam diversas atividades - como recreação, contato com a natureza, entre outros - que podem aumentar a atividade turística de determinada área, assim como o valor de propriedades na proximidade das trilhas (CORRELL, *et al.*, 1978).

Segundo Costa (2004, p.9): “*as trilhas devem ser criteriosamente localizadas, planejadas, construídas e manejadas de modo a permitir a conservação dos recursos naturais e a realização de contatos adequados pelos visitantes*”. Sendo assim, o

planejamento e a construção desses caminhos através do espaço geográfico, histórico e cultural devem atender tanto às necessidades dos usuários, como da conservação dos seus recursos (NEIMAN, *et al.* 2009).

Kroeff (2010) destaca que: “*dificilmente as trilhas são implantadas e manejadas de forma a propiciarem aos seus usuários o traçado mais seguro e de maior prevenção aos impactos ambientais conjuntamente com a apreciação dos melhores atributos da paisagem.*” (KROEFF, 2010, p. 2).

Para a presente pesquisa são utilizados alguns termos relacionados à zona de influência de uma trilha apresentados por Costa (2006). Primeiro destaca-se o termo **leito da trilha** (*tread*) que está associado a uma superfície natural podendo ser modificada por intervenções feitas pelo homem através da colocação de deques, degraus, pavimentos, areia, entre outros.

Outro termo importante é o **corredor** (*corridor*), da trilha, que consiste nas áreas que circundam a trilha, isto é, suas bordas, o seu entorno (área tampão) e o leito da trilha. A associação do leito da trilha, do corredor e da área tampão, compõe a **zona de influência** da trilha (Figura 1).

Já a **inclinação natural** (*cross-slope*) do terreno onde está localizada a trilha, está relacionada com os condicionantes topográficos (declividade). A borda que se localiza na parte superior da encosta, e que é cortada quando ocorre a construção da trilha, é chamada de **talude superior** (*backslope*) – o corte adequado do talude é de suma importância para a estabilidade da trilha. A **borda crítica** (*critical edge*) é a área do lado oposto ao talude, que é considerada uma área crítica quando não ocorre a devida manutenção e implementação da mesma. Por fim, a **linha central** (*center line*) é o centro da trilha e pode ter sua largura reduzida se a erosão for muito intensa.

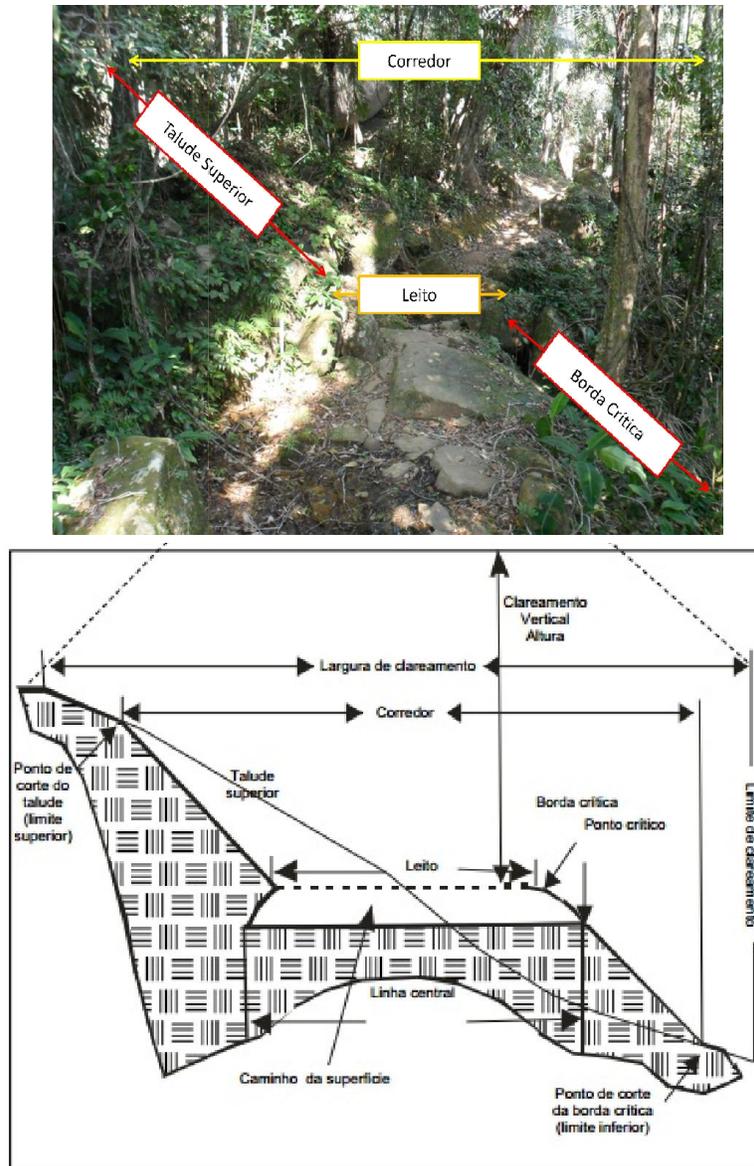


Figura 1: Esquema da zona de influência de uma trilha. Adaptado de: Costa, 2006.

Para que a presença de feições erosivas não seja constante no leito e na borda da trilha é necessário que exista um bom escoamento superficial. Para tal, é preciso observar a declividade da drenagem, de forma que a mesma passe transversalmente à trilha. Para que isso ocorra de forma natural, é ideal que o traçado siga a topografia do terreno, evitando, portanto, a concentração do fluxo de água.

Sendo assim, o alinhamento das trilhas com as curvas de nível é considerado um fator de grande importância nas condições de degradação segundo diversos autores (LEUNG e MARION, 1996; OLIVE e MARION, 2009; CONCEIÇÃO *et al.* 2010). Trilhas com baixo ângulo de alinhamento, perpendiculares à declividade, seriam mais

suscetíveis à degradação. Trilhas que são paralelas às curvas de nível possuem um alto alinhamento com o ângulo da encosta, o que diminuiria a probabilidade de incisões.

Portanto, é importante avaliar não só as etapas de construção da trilha, mas também os impactos com a instalação e com a utilização das mesmas.

2.2.1. Impactos Ambientais nas Trilhas

O impacto ambiental é segundo Guerra e Guerra (2013):

A expressão utilizada para caracterizar uma série de modificações causadas ao meio ambiente, influenciando na estabilidade dos ecossistemas. Os impactos ambientais podem ser negativos ou positivos, mas, nos dias de hoje, quando a expressão é empregada, já está mais ou menos implícito que os impactos são negativos. (GUERRA e GUERRA, 2013 p. 350)

Sánchez (2006) reitera que quando negativo, o impacto causa a degradação ambiental, ou seja, a perda ou deterioração da qualidade ambiental, a redução das condições naturais ou do estado de um ambiente.

No presente trabalho, foi adotado o conceito proposto por Guerra e Guerra (2013) já que se busca avaliar as transformações ao longo das trilhas decorrentes do impacto negativo da atividade turística, com ênfase no pisoteio do solo.

É comum, nas áreas de trilha, deparar-se com ambientes degradados, com a presença de lixo, pichação, erosão, entre outros; em um ambiente natural que objetiva a conservação, a presença desse tipo de degradação prejudica a experiência do usuário. Costa (2008) destaca que a erosão pode gerar trilhas com elevado nível de dificuldade, podendo criar problemas de assoreamento em rios e em corpos d'água.

Simiqueli e Fontoura e (2007) destacam que o uso das trilhas pelos visitantes pode provocar alteração e destruição dos *habitats* da flora e fauna, fuga de algumas espécies animais, erosão, alteração dos canais de drenagem, compactação do solo pelo pisoteio e redução da regeneração natural de espécies vegetais. Os autores propõem uma abordagem integrada de trilhas, que engloba todas as fases essenciais do manejo, ajudando a garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e a satisfação daqueles que utilizam a trilha.

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. Magro (1999) afirma que quando

o pisoteio é frequente, o solo é compactado aumentando sua susceptibilidade à erosão e perda de matéria orgânica (Figura 2).

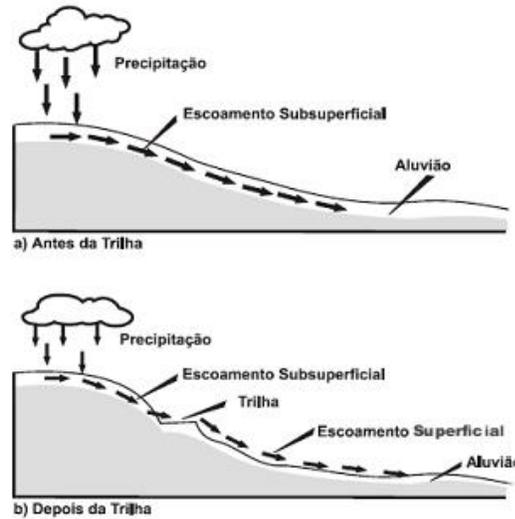


Figura 2: Aumento do escoamento superficial e aceleração de erosão em ravinas nas trilhas. Fonte: Magro (1999, p. 73).

Além disso, o pisoteio causa o corte, a quebra e a exposição de raízes da vegetação. As plantas que estão nas trilhas tendem a reduzir o tamanho, área da folha, produção de sementes e flores e reserva de carboidratos (COLE, 1993; VASHCHENKO e BIONDI, 2013). Tudo isso pode levar à morte das plantas.

Cole (1985 *apud* MAGRO, 1999, p. 22) avaliou a resposta de 16 diferentes espécies de vegetação numa simulação de pisoteio. Neste experimento, algumas mostraram maior resistência suportando de 25 a 30 vezes mais o pisoteio do que as menos resistentes. Cole (1993) também verificou as características que tornam uma planta mais tolerante ao pisoteio. Já Magro (1999) comparou espécies vegetais da borda da trilha com as do centro e com as de fora do leito, a fim de verificar as diferenças.

A compactação do solo resulta de uma variação no volume do mesmo, quando este é submetido a uma força de compressão. Isto ocorre principalmente devido à reorganização das partículas do solo, conferindo-lhe um comportamento plástico (LAMBE, 1958 *apud* SEIXAS, 1988)⁴, diminuindo o volume de vazios no solo, reduzindo a porosidade, e conseqüentemente, o volume dos macroporos, que são responsáveis pela boa drenagem dos solos.

⁴ LAMBE, W.T. *The engineering behavior of compacted clay*. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE p. 1-34, 1958.

Além disso, o pisoteio favorece a quebra dos macroagregados e sua transformação em microagregados (DEGENS, 1997 e SALTON *et al.*, 2008) o que diminui a qualidade do solo, já que a estabilidade de agregados influencia a estrutura do mesmo, na infiltração de água, areação, atividade biológica, sequestro ou emissão de carbono e na erosão do solo.

Diversos estudos sobre pisoteio de animais e sua influencia no solo estão relacionados à pressão exercida pelos animais em áreas de pastagens e, geralmente, estão vinculadas as questões econômicas. Porém, autores como Hammitt e Cole (1987) e COSTA *et al.* (2008), observaram a interferência do pisoteio do cavalo em áreas de trilhas. Os autores destacam que os principais impactos que ocorrem em trilhas com o uso do cavalo são: áreas com acúmulo de água, erosão, aumento da trilha e desenvolvimento de atalhos.

Um estudo experimental feito por Nagy e Scotter (1974 *apud* COSTA, 2008)⁵ encontrou uma perda de vegetação de quatro a oito vezes maior pelo pisoteio do cavalo do que pelo caminhante.

Cole (1993) apresenta os impactos mais expressivos das trilhas nos quatro principais componentes da paisagem: solo, vegetação, fauna e água, mas ressalta a importância de se perceber a conexão existente entre esses componentes, uma vez que os impactos não acontecem isoladamente (Figura 3).

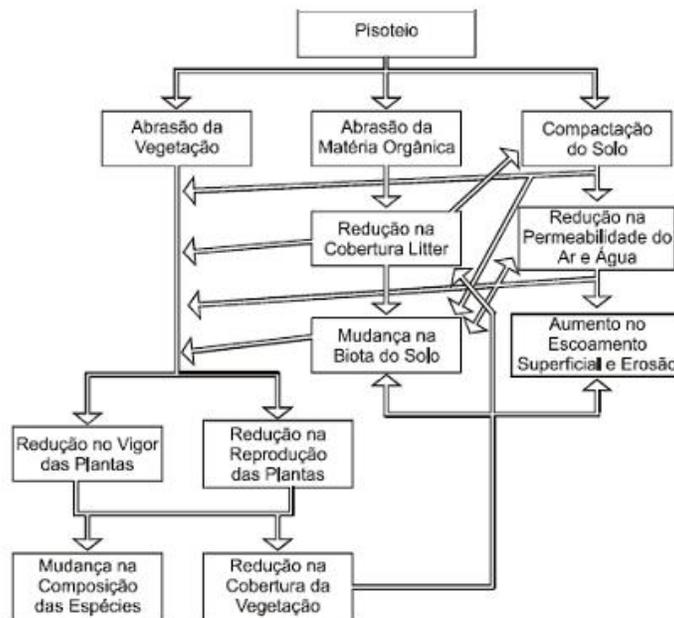


Figura 3: Modelo dos efeitos do pisoteio na vegetação e no solo. Fonte: Magro, 1999.

⁵ NAGY, J. A.; SCOTTER, G. W. *A qualitative assessment of the effects of human and horse trampling on natural areas, Waterton Lakes National Park.* Canadian Wildlife Service, Edmonton. 1974. 145 p.

Cole (2004) ressalta a dificuldade de separar os impactos gerados pela construção e manutenção das trilhas daqueles associados ao pisoteio e à erosão hídrica⁶. O autor considera que, exceto quando o uso é extremamente alto, é raro que os impactos causados pelo pisoteio excedam aqueles causados pela construção da trilha.

Cole (2004) ainda ressalta que a trilha sempre causa impactos, independente do uso, cabe aos planejadores avaliar o grau de impacto que eles irão tolerar. Diversos autores (COLE, 1987; COSTA *et al.*, 2008 VASHCHENKO e BIONDI, 2013; OLIVEIRA, *et al.*, 2013) identificaram mudanças associadas à construção de trilhas, como compactação do solo, abertura da copa pela remoção da vegetação, modificação do padrão de drenagem existente pela remoção do topo do solo e modificação da micro-topografia, a qual influencia o micro-clima.

Além desses impactos levantados, os processos erosivos no leito da trilha, como erosão por salpicamento (*splash*), surgimento de microrravinas e até de ravinas no leito da trilha podem ser observados em alguns casos. Esses processos erosivos além de degradar a trilha, podem prejudicar a experiência do usuário e provocar acidentes, como quedas.

A partir disso, surge uma questão importante levantada por Kroeff (2010):

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

2.2.2. Fragmentação florestal ocasionada pelas trilhas

A fragmentação florestal pode ser originada tanto pelo desmatamento, onde formações florestais estão circundadas por diferentes tipos de *habitats* não florestados (FORMAN e GORDON, 1986; METZGER, 1999; CASTRO JUNIOR, 2002; LAURANCE *et al.*, 2012) quanto pode ocorrer quando um ecossistema é subdividido

⁶A erosão hídrica é a consequência da interação da chuva com o solo, ou seja, é a resultante da capacidade da chuva em causar erosão (erosividade da chuva) e da capacidade do solo em resistir a erosão (erodibilidade do solo). Lal (1988, p. 150) coloca que a força dirigente dos agentes de erosão, os quais causam a desagregação do solo e seu transporte é chamada de erosividade. A erosividade da chuva ocorre pelo impacto direto das gotas de chuva, e pelo escoamento que a chuva gera. Já a erodibilidade do solo, segundo Lal (1988, p. 141), é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte.

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; MANGUEIRA, 2012; LAURANCE *et. al.*, 2012).

Assim, os remanescentes florestais permanecem entre as unidades antrópicas se assemelhando a ilhas oceânicas, o que explica a ampla utilização da Teoria de Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR e WILSON, 1967) para estudar os efeitos de fragmentação florestal. Esta teoria foi elaborada para prever o número de espécies que uma ilha de determinado tamanho pode suportar considerando o balanço entre extinção de espécies na ilha e imigração em direção à ilha a partir de fontes populacionais. (CASTRO JUNIOR, 2002).

A fragmentação florestal age reduzindo e isolando áreas propícias à sobrevivência das populações, originando extinções determinísticas (METZGER, 1999; LAURANCE *et. al.*, 2012), provocando diminuição na heterogeneidade do habitat nas áreas remanescente com a exclusão de determinadas espécies dos fragmentos (ZIMMERMAN e BIERREGAARD, 1986).

A fragmentação também provoca alterações microclimáticas dentro e no entorno do fragmento, pois o processo de fragmentação cria o chamado efeito de borda – o processo de fragmentação impõe a criação de bordas - onde ocorre maior exposição ao vento, aumento da luminosidade e redução da umidade, que influenciam diretamente nas espécies alterando assim, a estrutura e a comunidade biológica. (LAURANCE *et al.*, 1998; LINDENMAYER e FISCHER, 2007 e PUTZ *et al.*, 2011).

O fato é que 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. (CASTRO JUNIOR, 2002).

Nem sempre a fragmentação gera declínio na riqueza de espécies, em alguns casos ocorre redistribuição da composição específica, onde espécies que viviam antes do isolamento interagem com espécies associadas às áreas abertas (pós-isolamento), além disso, podem surgir espécies mais adaptadas as novas condições microclimáticas.

Claramente, a perda de floresta leva à formação de um habitat matriz, que será importante na evolução da dinâmica do ecossistema em fragmentos florestais, pois atuará como filtro para dispersão entre fragmentos no contexto da paisagem. Assim, a

matriz controla a dinâmica da paisagem, cercando e afetando os fragmentos e os corredores, servindo de fonte de informação para diversas funções ecológicas, tornando-se um complemento para assegurar a proteção da diversidade biológica (FONSECA *et al.*, 1997 e LAURANCE e VASCONCELOS, 2009).

Ademais, Forman (1995) e Laurance *et. al.* (2012) destacam que os fragmentos são porções homogêneas da paisagem que diferem dos seus arredores. Estando, assim, inseridos na matriz, cujas características inferem em espécies, estrutura ou composição e variam em tamanho, forma e características de borda, o que origina diferentes implicações ecológicas. Os autores ainda destacam a diferença entre fragmentos de perturbação, que são causados pelo fogo, desmatamento e agricultura e fragmentos de regeneração, que se originam a partir de reflorestamento.

Associado à essas proposições, Goosem (1997) destaca que os fragmentos florestais podem ser constituídos de florestas primárias, florestas secundárias, capoeiras em estágio avançado de recuperação, capoeiras recentes, ou também, de um mosaico destas diferentes situações. Ademais, o autor destaca que pode existir a fragmentação interna do fragmento ocasionada por trilhas, rodovias, clareiras e linhas de energia.

Geralmente a formação de trilhas está associada às áreas com atrativos turísticos, sem intervenção humana e com apelo a natureza. Sendo assim, as trilhas que visam acessar e interligar os atrativos tem como consequência a divisão de áreas contínuas em unidades menores, provocando a interrupção no tecido florestal pelo corredor da trilha. (MELLO, 2008)

Portanto, as trilhas podem provocar ruptura interna do fragmento, já que “cortam” as áreas florestadas e inibem o trânsito de animais pelas mesmas, podendo isolar determinadas comunidades de animais de um lado da trilha (Figura 4).



Figura 4: Trilha *Enseada de Laranjeiras - Praia do Sono*, onde é possível observar que há fragmentação interna do fragmento florestal formada pela trilha. Acervo: L. A Rangel, 2012.

Barber *et al.* (2001) destacam a importância dos corredores ecológicos, pois eles são *habitats* lineares, envoltos em uma matriz, que conectam um ou mais blocos de *habitats*. Portanto, podem fazer a ligação entre um fragmento e outro, permitindo assim, a manutenção do movimento dos organismos.

Ao analisar a influência da fragmentação florestal na composição da paisagem Kindel (2001) destaca que:

(...) a fragmentação do habitat, isto é, a ruptura da continuidade das unidades da paisagem que apresentam melhores condições para as populações, resulta em mudanças na composição e na diversidade das mesmas, decorrentes da fragmentação em si bem como das possíveis alterações antrópicas sofridas. (KINDEL, 2001, p. 21)

Portanto, é de suma importância pensar na preservação dos fragmentos florestais, através da criação de corredores ecológicos e da gestão da biodiversidade. Com relação a isso, Castro Junior *et. al.* (2009) destacam que:

(...) uma política de proteção e gestão da biodiversidade deve estar centrada tanto na conservação de áreas-clímax de ecossistemas remanescentes, os maiores fragmentos de vegetação, como no complexo de fragmentos de menor porte, pois é no complexo de variabilidade de ecossistemas que certas unidades sistêmicas apresentam mais singularidades biológicas e fisiográficas. (CASTRO JUNIOR *et. al.*, 2009. p.30)

2.2.3. Efeito de borda induzido pelas trilhas

Atualmente, devido ao crescente desmatamento, ocorre um aumento de limites artificiais (bordas), nos quais os ecossistemas e comunidades estão aparentemente sujeitos ao efeito de borda. Esta transformação da paisagem gera um cenário onde fragmentos compõem um arquipélago de ilhas de vegetação arbórea inseridos em uma matriz diferente, (HARRIS 1984; LAURANCE e BIERREGAARD, 1997 e LAURANCE *et. al.*, 2012), podendo ser vegetada ou não.

Uma borda recém criada, em termos teóricos, pode ser estruturalmente homogênea ou muito parecida com o interior do fragmento florestal. Porém, ao longo do tempo irão ocorrer outras transformações relacionadas ao efeito de borda. (RODRIGUES e NASCIMENTO, 2006).

Os limites da borda do fragmento, sejam estes abruptos ou graduais, podem representar a primeira frente de transformação do ecossistema (LAURANCE e YENSEN, 1991; FONSECA e JONER, 2007). Estas mudanças comprometeriam inclusive, seus processos evolutivos que, em última análise, determinam sua permanência no tempo. Atualmente são observadas transformações que resultam principalmente na extinção de espécies e comunidades. (TILMAN *et al.* 1994; LAURANCE e BIERREGAARD, 1997).

Matlack (1994) destaca algumas transformações que podem ocorrer na borda do fragmento identificando três fases: (1) formação, onde pode haver uma forte resposta da vegetação à criação do limite abrupto exibindo alta mortalidade; (2) reorganização dos gradientes físicos, onde pode ser desenvolvida uma camada de biomassa lateral que modifica as condições microclimáticas e a aumenta a turbulência dos ventos; e (3) expansão da área da borda, onde há o estabelecimento de uma zona tampão biótica ou expansão da comunidade que passa a ter novos limites.

Se o efeito de borda modifica as características da floresta, então, a parte do fragmento sob a influência desse efeito pode ser inadequada para o ecossistema original. Portanto, uma área do fragmento será reduzida para fins de conservação. (MURCIA, 1995). Sendo assim, a abertura de uma trilha provoca, entre outros impactos, o efeito de borda no fragmento florestal que a circunda.

2.2.4. Métodos de Avaliação de Trilhas

Para Cole (1987) existem quatro formas diferentes de análise de trilhas: a que apenas descreve a trilha, a que compara as áreas pisoteadas e não pisoteadas, a que relaciona a situação da área antes e depois da instalação da trilha, e a que analisa a trilha antes e depois de experimentos simulados.

Diversos autores (COLE, 1987; COSTA, 2006 e SIMIQUELI e FONTOURA, 2007) destacam que a pesquisa que avalia os impactos em toda a extensão de um parque ou de um sistema de trilhas, isto é, a pesquisa descritiva, é a mais comum. Neste caso, parâmetros de vegetação e solo são analisados, a fim de avaliar as condições mais comuns da área. As formas de utilização da trilha também são avaliadas e então correlacionadas com os impactos do solo e da vegetação, porém os autores destacam que somente essas informações não são suficientes para avaliar a causa e o efeito dos impactos.

Marion e Leung (2001) destacam que as técnicas de avaliação de impactos em trilhas podem ser classificadas em três etapas: inventário, manutenção e condições das trilhas. O inventário das trilhas é utilizado para mapeamento e localização, além disso, documenta suas características, como dificuldade, tipo e intensidade de uso, propriedades culturais e naturais (extensão, declividade, entre outras). A manutenção fornece informações sobre a necessidade de implementação dos recursos e também apresenta soluções para as deficiências percebidas. As condições das trilhas descrevem as condições e os impactos e investiga as relações com as variáveis do meio.

Sendo assim, a instalação de estruturas de manejo pode ser fundamental para diminuição dos impactos perceptíveis. Porém, é importante destacar que qualquer equipamento instalado nas trilhas, deve se preocupar com a conservação da mesma e com os limites do ambiente natural (NEIMAN e RABINOVICI, 2008).

Cole (2004) ressalta a importância de se explicitar a descrição espacial dos impactos e a sua dimensão escalar. Cole (1991) percebeu que enquanto os impactos da atividade recreativa no solo e na vegetação são muito severos nas escalas pequenas, em grandes escalas eles são mínimos. Isso sugere que enquanto os impactos da recreação podem ser sérios para plantas e animais, eles são de pequena significância para a integridade da paisagem ou diversidade biótica regional. No entanto, as largas escalas costumam ser escalas de planejamento, nesse sentido, percebe-se uma contradição entre a escala de estudo da avaliação dos impactos e a escala de planejamento.

No presente trabalho é utilizado o método de avaliação proposto por Cole (1987), através da descrição da trilha e da comparação das áreas pisoteadas e não pisoteadas, bem como é utilizado o método de Manejo de Impacto de Visitação (MIV), e, por fim, é feita a avaliação de algumas propriedades físicas e químicas do solo.

2.3. Indicadores de Qualidade do Solo

A discussão sobre Qualidade do Solo (QS) intensificou-se no início da década de 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar a preocupação com a degradação dos recursos naturais e a sustentabilidade agrícola (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

O conceito mais simplificado para o termo foi formulado por Larson e Pierce (1991), como sendo “*apto para o uso*”. A partir da intensificação da discussão, Doran (1997) apresentou uma definição mais complexa de QS que é utilizado nos dias atuais, onde:

Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (DORAN, 1997).

Vezzani e Mielniczuk (2009) destacam que no conceito proposto por Doran (1997) a QS é a integração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que o habilita a exercer suas funções na plenitude.

Assim, para avaliar QS deve-se estudar algumas de suas propriedades que são consideradas como indicadores. Os indicadores são os próprios atributos do solo que sofrem modificações dentro do sistema. Essas modificações podem melhorar ou causar dano aos componentes do solo. Logo, o monitoramento dessas propriedades é relevante para adequar o manejo do solo, principalmente em áreas degradadas, como é o caso das trilhas (DORAN e PARKIN, 1994 e FAGERIA e STONE, 2006).

Um indicador eficiente deve ser sensível às variações do manejo, correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo e capaz de ilustrar os processos do ecossistema (DORAN e JONES, 1996).

Nessa perspectiva, é fundamental a escolha de um conjunto mínimo de indicadores que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, capacidade de integração, adequação ao nível de análise da

pesquisa, utilização no maior número possível de situações, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos e/ou qualitativos (DORAN e PARKING, 1996; GOEDERT, 2005 e FIALHO *et al.*, 2006).

Nesta dissertação, são utilizados como indicadores de qualidade do solo a estabilidade de agregados em água, o teor de matéria orgânica dos agregados, a densidade do solo e de partículas, a textura e a porosidade do solo.

2.3.1. Estabilidade dos Agregados na Erosão do Solo pela Água

A erosão é resultado da influência de diversos parâmetros, como as propriedades do solo, erosividade da chuva, cobertura vegetal (GUERRA, 2007; MORGAN, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2013), parâmetros topográficos e uso do solo (LE BISSONNAIS, 1996 e SATHLER *et al.*, 2009). A erodibilidade do solo, segundo Lal (1988), é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente.

A erosão tem início através da ação do salpicamento (*splash*) sobre a superfície do solo, destacando suas partículas e permitindo seu transporte através dos fluxos do escoamento superficial, inicialmente difuso e posteriormente concentrado em pequenos canais que vão se formando, as ravinas (MORGAN, 2005 e GUERRA, 2010)

Quando o fluxo linear (*flowline*) se concentra em pequenos canais, sua profundidade aumenta e a rugosidade reduz sua velocidade, fazendo diminuir a sua energia em função do movimento das partículas. Há, então, um atrito entre o fundo dos canais e as partículas, gerando mais erosão em seu interior (GUERRA, 2010).

Nesse estágio, começam a ser formadas as ravinas, a partir da concentração da água que escoar em pequenos e bem definidos canais. A turbulência cresce bastante nesta etapa e as partículas sedimentadas no interior das ravinas aumentam a irregularidade no fundo, tornando o fluxo ainda mais turbulento, e permitindo o surgimento de cabeceiras (*headcuts*) nas ravinas (GUERRA, 2010).

Abaixo dessas cabeceiras, os sedimentos se depositam, refletindo que a produção dos mesmos é maior do que a capacidade do fluxo de água em transportá-los. Conforme as cabeceiras recuam à montante das encostas, o canal é alargado e aprofundado, constituindo-se em pequenas ravinas (GUERRA, 2010).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), a erosão hídrica é a forma mais ativa de degradação dos solos, sendo um processo natural influenciado por diversos fatores

como a chuva, o solo, a topografia, a cobertura vegetal, o manejo e pelas práticas conservacionistas. Entre esses fatores é possível destacar o tipo de cobertura vegetal e o manejo do solo como os principais influentes sobre a erosão hídrica (GUADAGNIN *et al.*, 2005).

Sobre a influência da cobertura vegetal nos processos de erosão, Gyssels *et al.* (2005) ressaltam que a vegetação pode controlar a erosão do solo, por meio da interceptação - através da densidade de sua copa, raízes, e folhas - alterando a distribuição do tamanho das gotas de chuva. Além disso, os autores afirmam que a erosão também pode influenciar na formação da vegetação em termos de composição, estrutura e padrão de crescimento da comunidade vegetal. Assim, a perda de cobertura vegetal pode levar à selagem do solo que aumenta a erosão e o escoamento superficial.

Já Wild (1993) destaca que as principais causas da erosão são o desmatamento; a construção de rodovias que provoca impermeabilização do solo; a agricultura e pecuária sem adoção de práticas conservacionistas; o cultivo e pecuária em encostas com elevada declividade; trilhas abertas por homens e animais que geram a compactação do solo; e atividades econômicas que deixam o solo desprotegido, como a mineração.

Dentro do proposto por Wild (1993), é importante destacar o que Guerra e Guerra (2013) chamam de erosão acelerada, que é ocasionada pela intervenção humana e de seres vivos, gerando desequilíbrio ambiental, acarretando, o aceleração da erosão nas camadas superficiais do solo.

Goudie (1995) e Guerra (2007) enfatizam que a erosão que ocorre numa encosta é resultante de processos como salpicamento, escoamento superficial e ravinamento, que por sua vez dependem da erosividade da chuva, da erodibilidade dos solos, das características das encostas e da natureza da cobertura vegetal.

Sendo assim, as pesquisas sobre erosão visam medir a influência dos diferentes fatores determinantes no processo, a fim de estimar as perdas de solo e selecionar práticas que as reduzam ao máximo. Guerra (2010, p. 24) destaca que “*a estabilidade dos agregados possui um papel fundamental na erodibilidade dos solos*”.

Gomez *et al.* (2013) destacam a importância do estudo da estabilidade de agregados para o mapeamento, na escala regional, do risco de erosão. Gumiere *et al.* (2009) reiteram que a análise da estabilidade de agregados conjuntamente com a análise de outras propriedades químicas e físicas do solo - densidade, porosidade e textura - mostram-se muito eficientes para o estudo da suscetibilidade à erosão.

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 vizinhas (KEMPER e ROSENAU, 1986; CASTRO FILHO *et al.*, 2002) e que controla o armazenamento de água, aeração, crescimento da cultura e atividade biológica, bem como os processos erosivos (MADARI, 2004). Hillel (2003) destaca que a agregação depende não somente da flocculação, mas também da cimentação, 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.

Muitos estudos apontam que as práticas de manejo e de uso do solo podem afetar positiva ou negativamente a agregação e as propriedades físicas do mesmo (CASTRO FILHO *et al.*, 2002). As diferentes classes de tamanho de agregados são influenciadas pela quantidade de matéria orgânica que permitirá maior ou menor agregação, podendo assim ser classificados como macroagregados ($> 0,250$ mm) ou microagregados ($< 0,250$ mm) (DENEFF *et al.*, 2001a). Segundo Degens (1997), a formação e estabilização de macroagregados são atribuídas a processos biológicos, induzidos por alterações orgânicas, vegetais ativos, crescimento da raiz, e macro e microorganismos.

Outra forma de se analisar a agregação do solo é por meio dos índices de agregação avaliados através da estabilidade em água (YODER, 1936 *apud* CASTRO FILHO, 1998). 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, mas sem considerar as classes 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).

A erosividade da chuva⁷ é um dos fatores que pode elevar a ruptura dos agregados. Farres (1978, *apud* Guerra, 2010)⁸ destaca que o processo da quebra do agregado se inicia com o impacto das gotas de chuva e, depois de vencida a resistência interna dos agregados a tendência é que eles se rompam, formando microagregados ou

⁷ “Erosividade é a habilidade da chuva em causar erosão” (Hudson, 1961 *apud* Guerra, 2007, p. 151).

⁸ FARRES, P. The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth Surface Processes*.p. 243-254, 1978.

grãos individuais, que poderão preencher os poros existentes no topo do solo, aumentando a densidade aparente e diminuindo a porosidade, dando início, portanto, ao processo de formação de crostas no topo do solo, o que aumentará o escoamento superficial. Portanto, a estabilidade dos agregados pode ser definida como uma das respostas da estrutura do solo à ação da chuva.

Com relação à textura do solo, diversos autores (LE BISSONNAIS, 1988; TROTT e SINGER, 1983; DENEFF e SIX, 2005; LE BISSONNAIS *et al.*, 2007) destacam que a fração argila é um fator positivo para a estabilidade de agregados, já que, é um agente que liga as partículas grosseiras. Sendo assim, solos com elevada presença de silte e/ou areia são mais suscetíveis à formação de crostas e erosão.

Entretanto, a interação da textura com outros parâmetros, bem como a mineralogia da argila e matéria orgânica devem ser analisadas. Estas interações influenciam de forma diferente na ruptura dos agregados, dependendo do processo.

Destaca-se, em diferentes estudos, que a estabilidade e a distribuição do tamanho dos agregados podem ser utilizadas como indicadores da qualidade física do solo e do seu estado de degradação, porém, não podem ser encarados como os únicos atributos para uma avaliação mais eficiente da qualidade do solo (DENEFF, *et al.*, 2001a; ZHANG e HORN, 2001; CASTRO FILHO *et al.*, 2002; CORRÊA, 2002; AN *et al.*, 2013).

2.3.2. Matéria Orgânica e Carbono Orgânico do Solo

Diversos pesquisadores consideram a matéria orgânica do solo (MOS) como o indicador ideal para avaliar QS. Eles se fundamentam no fato de que processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo estão relacionados diretamente com a presença de matéria orgânica (CARTER, 1994; PULLEMAN *et al.*, 2000; FRANZLUEBBERS, 2002; SHUKLA *et al.*, 2006; ROZANE *et al.*, 2010; PODWOJEWSKI *et al.*, 2011).

Segundo Roscoe *et al.* (2006) e Podwojewski *et al.* (2011) a matéria orgânica do solo desempenha diversas funções no ambiente, estando ligada a processos fundamentais como a retenção e a ciclagem de nutrientes, agregação e dinâmica da água, além de ser a fonte básica de energia para a atividade biológica. Sua perda pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação.

Como um sistema aberto, o solo interage com outros sistemas externos, como a vegetação e o clima. Segundo Roscoe *et al.* (2006):

Os diversos resíduos que entram no solo são gradativamente transformados em MOS, podendo interagir com a fração mineral no processo de agregação do solo. Em uma primeira etapa, ocorre a interação da fração mineral com MOS humificada, formando complexos organominerais. Em uma segunda fase, com a inclusão de mais MOS humificada e parte de MOS transitória, há a formação de microagregados. Finalmente, os últimos são unidos uns aos outros, formando macroagregados (ROSCOE *et al.*, 2006 p. 23).

Com isso, o topo do solo possui grande papel no processo de ciclagem de nutrientes em sistemas florestais tropicais, pois é nele que se encontram os maiores valores de carbono e nitrogênio (GARAY e SILVA, 1995; KINDEL e GARAY, 2002), assim como parte da vida biológica responsável pela decomposição do estoque de MO.

Existem dois principais mecanismos envolvidos no aumento da estabilidade dos agregados pela ação da matéria orgânica do solo. O primeiro pela formação de ligações de materiais orgânicos com as partículas minerais, ou pela ação física de raízes ou hifas de fungos (TISDALL e OADES, 1982; CHENU *et al.*, 1994). O segundo é a ação da matéria orgânica na diminuição da entrada de água no agregado, reduzindo, assim, sua quebra pela expulsão instantânea do ar. (SULLIVAN, 1990 e BASTOS *et al.*, 2005).

Como já foi dito anteriormente, não é só a matéria orgânica que proporciona a boa agregação do solo, a concentração de argila também é de suma importância para a formação de agregados. Wischmeier e Mannering (1969 *apud* Guerra, 2010)⁹ destacam que os solos com maiores teores de argila possuem maior influência do teor de matéria orgânica.

O carbono orgânico no solo é reconhecido como um componente principal da fertilidade e um fator-chave na utilização sustentável do mesmo (ROOSE e BARTHES, 2001; ZAUJEC, 2001). Polyakov e Lal (2004) destacam que a manutenção de elevadas taxas de carbono orgânico aumentam as propriedades físicas e químicas e geram elevada fertilidade do solo.

Estudos têm demonstrado que o aumento dos níveis de carbono orgânico está diretamente ligado ao *input* da matéria orgânica no solo, assim como, ao sequestro de carbono orgânico (KONG *et al.*, 2005). Alguns autores destacam que a dinâmica de

⁹WISCHMEIER, W.H. e MANNERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. *Proceedings of Soil Science Society of America*. 1969. v. 33, p. 133-137.

agregação do solo também influencia fortemente na ciclagem de nutrientes e no sequestro de carbono (TISDALL e OADES, 1982; JASTROW, 1996; SIX *et al.*, 1998; KONG *et al.*, 2005). Além disso, diversos estudos destacam a importância de microagregados na estruturação do solo e no *input* de carbono (DENEFF, *et al.*, 2001a; CASTRO FILHO *et al.*, 2002).

Madari *et al.* (2005) ao analisarem a acumulação de carbono orgânico em um Latossolo Vermelho eutroférico, mostraram que os sistemas de manejo, pelo seu efeito diferenciado no estado de agregação e na estrutura do solo, exerceram efeitos diferentes na acumulação de carbono orgânico. Isto foi revelado pela aplicação do método de separação de agregados em água, que leva em consideração que os solos tropicais, em geral, são originalmente bem estruturados, têm altos índices de estabilidade de agregados, por exemplo, Latossolos (LAL, 2000), e que a distribuição dos tamanhos de agregados estáveis em água pode ser grande.

Destaca-se, portanto, que em ambientes tropicais, o processo de degradação dos solos encontra-se profundamente relacionado à dinâmica de matéria orgânica (FELLER e BEARE, 1997). Em virtude de suas importantes funções nos processos físicos, químicos e biológicos no solo, a perda de matéria orgânica do solo retro-alimenta o processo de degradação, promovendo a desorganização do sistema, resultando em menores produções de biomassa e maiores perdas de nutrientes, água e solo (ROSCOE *et al.*, 2006).

2.3.3. Textura e Porosidade

A textura do solo é a propriedade física que menos sofre alteração ao longo do tempo. Dependendo do material de origem e de seu grau de intemperização. Medeiros *et al.* (2006) classifica o solo perante três classes principais com suas características predominantes:

- Solos de Textura Arenosa - Possuem teor de argila inferior a 15% e teor de areia superior a 70%, são permeáveis, baixa capacidade de retenção de água e baixo teor de matéria orgânica, sendo susceptíveis à erosão e necessitam de cuidados especiais nas práticas conservacionistas;
- Solos de Textura Média - Apresentam certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila. Normalmente, apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade;

- Solos de Textura Argilosa - São solos com teores de argila superiores a 35%. Possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, embora sejam mais resistentes à erosão, são altamente susceptíveis à compactação.

Logo, a maior ou menor suscetibilidade à erosão depende da predominância das frações granulométricas. Algumas são removidas mais facilmente (MORGAN, 2005), como as frações silte e areia, principalmente areia fina, de maior propensão à erosão. Enquanto que a fração de remoção mais difícil é a argila, devido sua maior capacidade de agregação (MORGAN, 2005 e GUERRA, 2010).

O silte, e principalmente a argila, conferem ao solo uma textura fina, que faz ser lento o movimento de ar e água dentro dele, e imprimem alto teor de plasticidade, resultando em um material viscoso, quando molhado (BRADY, 1989).

Na classificação textural, Brady (1989) aponta os limites entre as classes. Para ser classificado como arenoso, o solo deve conter ao menos 70% de areia e 15% ou menos de argila. Ao ser classificado como argila, argila-arenosa e argilo-siltoso, significa que o solo amostrado contém um mínimo de 35% de fração argila. Os solos francos são classificados por apresentarem teores de areia e argila de proporções mais ou menos equilibradas, isto é, entre 30 e 40% de argila e areia.

Ainda segundo Brady (1989), deve haver influência da textura sobre as porcentagens de húmus e de nitrogênio. Por exemplo, um solo arenoso possui menores teores de matéria orgânica e nitrogênio que solos de textura mais fina.

A porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de certo material. É inversamente proporcional à densidade do solo e de grande importância direta para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo. A textura e a estrutura dos solos explicam em grande parte o tipo, tamanho, quantidade e continuidade dos poros. A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho (RESENDE *et al.*, 2002).

Sendo assim, as areias retêm pouca água, porque seu grande espaço poroso permite a drenagem livre da água dos solos. Já as argilas absorvem relativamente grandes quantidades de água e seus menores espaços porosos a retêm contra as forças de gravidade. Apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água que os solos arenosos, esta umidade não está totalmente disponível para as plantas em crescimento (EMBRAPA, 2003).

2.3.4. Densidade Aparente do Solo e de Densidade de Partículas

A densidade do solo, ou densidade aparente, reflete a compactação do mesmo. Esta ocorre quando é aplicada certa pressão à superfície, podendo alterar as propriedades químicas e físicas, além de sua estrutura.

A densidade aparente é determinada nas suas condições naturais pela prova volumétrica que corresponde ao peso de solo seco em um determinado volume. Essa propriedade pode variar de acordo com o teor de matéria orgânica, já que a matéria orgânica melhora a agregação do solo. Segundo Kiehl (1979), a densidade aparente tende a aumentar com a profundidade, já que a compactação é maior, o teor de matéria orgânica é reduzido e a agregação tende a ser menor.

A densidade aparente expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, incluindo o volume de sólidos e o de poros. Segundo Mendes *et al.* (2006) a densidade dos solos arenosos pode variar de 1300 a 1800 kg/m³ (1,3 g/cm³ a 1,8 g/cm³), enquanto os solos argilosos esta variação pode ir de 900 a 1600 kg/m³ (0,9 g/cm³ a 1,6 g/cm³) e de 200 a 600 kg/m³ (0,2 g/cm³ a 0,6 g/cm³) para solos orgânicos.

Já a densidade de partículas depende primariamente da composição química e mineralógica do solo. Os resultados da densidade de partícula são, geralmente, expressos em gramas por centímetro cúbico, e variam, em média, entre os limites de 2300 a 2900 kg/m³ (2,3 g/cm³ a 2,9 g/cm³). Apesar de existir esta faixa de variação, a maioria dos valores varia de 2600 a 2750 kg/m³ (2,6 g/cm³ a 2,75 g/cm³). Isto ocorre porque as densidades dos principais componentes minerais dos solos (quartzo, feldspatos e argilas silicatadas) estão próximas destes valores.

A densidade de partícula é, portanto, uma característica que varia com a composição das partículas, não sendo afetada por variação no seu tamanho.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Área de Proteção Ambiental de Cairuçu

A Área de Proteção Ambiental Federal de Cairuçu possui 33.800 hectares e 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 ICMBio, e tem como principal objetivo assegurar a proteção do ambiente natural (Figura 5).

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

A APA de Cairuçu possui um conselho consultivo desde 2001 (Portaria nº. 180/01, de 04 de dezembro de 2001), ele tem como objetivos contribuir para a efetiva implantação da APA e assegurar a proteção do ambiente natural, que abriga espécies raras e ameaçadas de extinção, paisagens de grande beleza cênica, sistemas hidrológicos da região e as comunidades caiçaras integradas nesse ecossistema.

Já o Plano de Manejo da APA foi elaborado em 2005, sendo que em 2011 o Conselho Consultivo da APA iniciou os trabalhos para a revisão do Plano de Manejo, de acordo com o Relatório de Monitoria realizado pela equipe técnica da UC. Nesse relatório destaca-se que está:

“vedada a interdição, estreitamento ou desvio das trilhas de acesso às comunidades costeiras ou das existentes no interior das vilas caiçaras, bem como aquelas tradicionalmente utilizadas para o turismo sustentável. Estas trilhas são servidão oficial da população local, sendo garantido seu uso, mesmo em caso de cessão ou aforamento” (ICMBIO, 2011, p. 16).

Além disso, deve ser feito o levantamento das trilhas existentes na APA, suas condições de percurso, infraestrutura disponível, condições de visitação pública e intervenções necessárias.

Com relação às comunidades da Praia do Sono e de Ponta Negra destaca-se que: *“esta é a área mais complexa da APA, onde cada comunidade vive situações bastante diversas do ponto de vista sócio ambiental, bem como do seu desenvolvimento urbano, turístico e comunitário”* (ICMBIO, 2011). Os conflitos recorrentes na área estão

associados à: sobreposição de UCs, já que a APA de Cairuçu e a Reserva Ecológica da Juatinga (REJ) apresentam os mesmos limites em determinada área, provocando divergências quanto à possibilidade de exercer algumas atividades; recategorização da REJ, que está relacionada à disputa de terras entre a comunidade caiçara e um proprietário privado, que alega que antes da instalação da comunidade do Sono aquela área, pertencia a sua família; falta de diálogo com o Condomínio Laranjeiras, que em 2001 – após a passagem de 1500 turistas pelo condomínio no carnaval - chegou a proibir a passagem dos barqueiros e turistas pela sua área, onde está localizada a única marina da Enseada de Laranjeiras, impedindo assim, o transporte de moradores, mantimentos e turistas.

Por ser uma área com grandes atrativos naturais, o número de visitantes aumenta a cada ano diminuindo a qualidade ambiental devido aos impactos da atividade turística desordenada. Por tanto, foram impostas restrições para novas construções, já que está ocorrendo um processo de adensamento de edificações nas comunidades caiçaras do Sono e Ponta Negra, pois os moradores estavam construindo casas para alugar em época de veraneio.

As comunidades caiçaras do Sono e de Ponta Negra são dependentes da atividade pesqueira e da atividade turística, pois utilizam seus barcos para fazer transporte dos turistas até as praias mais próximas, alugam casas, possuem restaurantes que atendem aos turistas e alguns moradores trabalham como guias locais.

A região da APA de 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 (ICMBIO, 2004).

Foram estudadas três trilhas, localizadas no sul da APA: a trilha Laranjeiras – Praia do Sono, Praia do Sono – Praia de Antigos, e Praia de Galhetas - Ponta Negra. Essas trilhas foram escolhidas por serem muito utilizadas, segundo o Plano de Manejo da APA (ICMBIO, 2004), por estarem localizadas na zona costeira da APA e estarem sofrendo com o aumento da atividade turística, por possuírem variáveis ambientais semelhantes - como embasamento geológico, geomorfologia, e pedologia - e por estarem inseridas em ambiente de Floresta Atlântica.

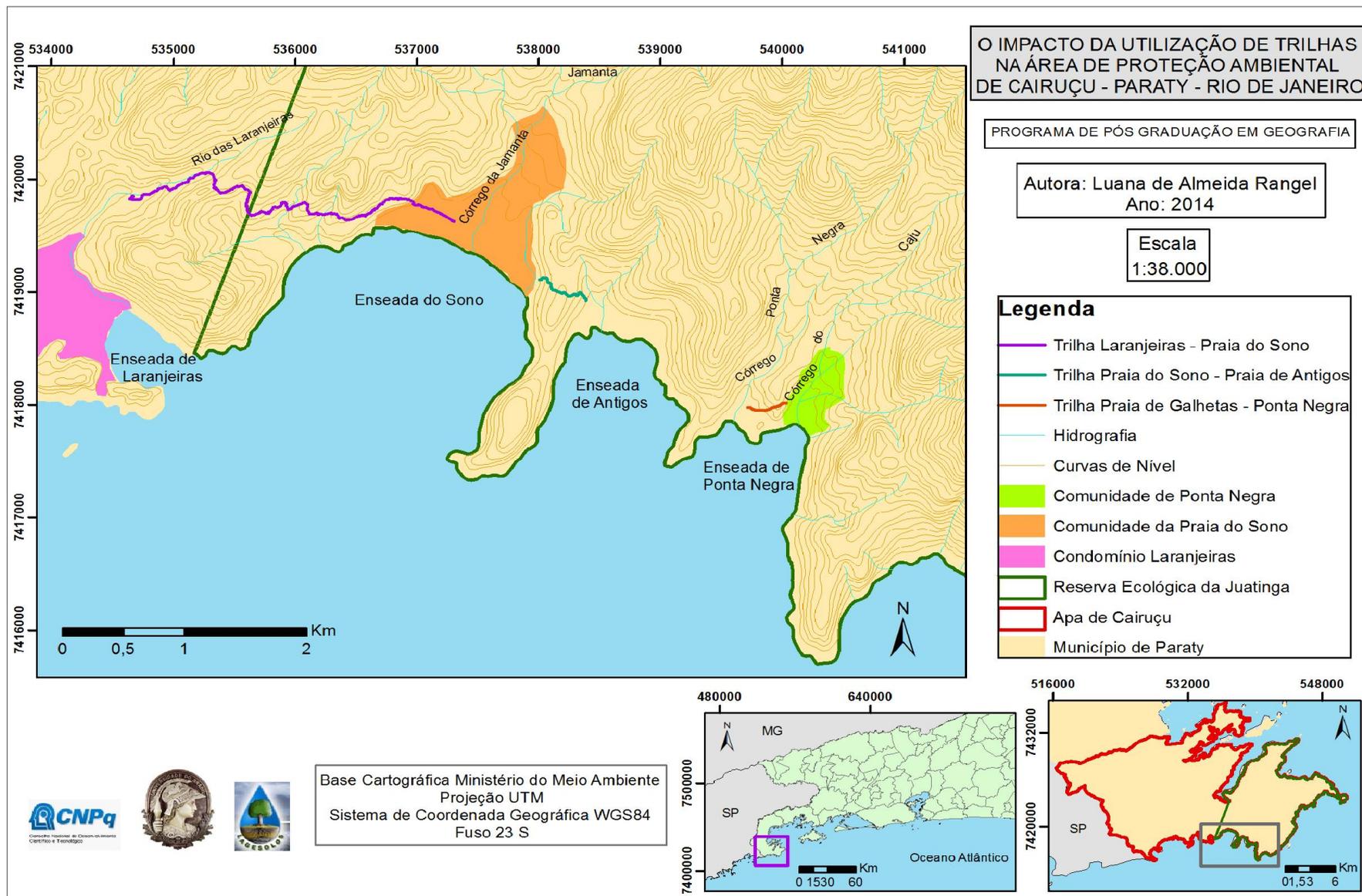


Figura 5: Localização da APA de Cairuçu e da Reserva Ecológica da Juatinga. Elaboração própria, 2014.

3.1.1. Caracterização Climática da APA de Cairuçu

Segundo o Plano de Manejo da APA (ICMBIO, 2004), a região apresenta um zoneamento climático influenciado pela compartimentação regional do relevo e pelo desnivelamento altimétrico, o que gera descontinuidades no padrão de distribuição dos regimes de precipitação e de temperatura. Isto se deve, principalmente, ao efeito orográfico, ou seja, relativo à grande variação topográfica do relevo da Serra do Mar (desde o nível do mar até aproximadamente 2000 metros), que atua sobre o comportamento dos sistemas frontais, principais responsáveis pela pluviosidade regional. A pluviosidade anual, no município de Paraty, varia entre 768 mm a 2.045mm, com média de 1.547 mm (ICMBIO, 2004).

Além disso, esta região abrange um trecho litorâneo, cujas vertentes encontram-se voltadas para sul, determinando o impacto direto dos sistemas frontais provenientes do Atlântico Sul sobre esta região, na qual as escarpas íngremes e o planalto montanhoso funcionam como barreiras que dificultam a passagem deste fenômeno climático (ICMBIO, 2004).

Com relação à sazonalidade do regime de precipitações Dantas e Coelho Netto e (1996) destacam que:

(...) regionalmente ocorre uma sazonalidade do regime de precipitações devido ao impacto das frentes frias ser mais intenso durante os meses quentes de verão (novembro a março), quando se concentra a estação chuvosa provocada pelo contraste térmico, ocorrendo, por outro lado, uma estação seca durante os meses de inverno (maio a agosto) (DANTAS e COELHO NETTO, 1996 p. 65).

Outro fenômeno comum durante os meses de verão é a marcante atuação das chuvas convectivas, que precipitam durante a tarde e/ou a noite a partir da forte evaporação gerada pelo aquecimento diurno. A classificação climática regional desta área, segundo Köppen, corresponde ao clima tropical úmido, com sazonalidade no regime das precipitações, isto é, estação chuvosa (dezembro a março) e estação seca definidas (maio a agosto).

A APA compreende três estações de medição pluviométrica da Agência Nacional de Águas, as distribuições pluviométricas anuais estão dispostas na figura 6. É possível observar que de 1985 até 1999 a estação de Picinguaba, apresentou os maiores índices pluviométricos (ICMBIO, 2004). Isto ocorre, porque a região ao sul da Ponta da Juatinga está mais exposta aos sistemas frontais SO e SE, porém a região a norte deste

divisor já pertence ao domínio da Baía de Ilha Grande, havendo maior proteção dos sistemas frontais acima indicados, havendo índices menores de pluviosidade.

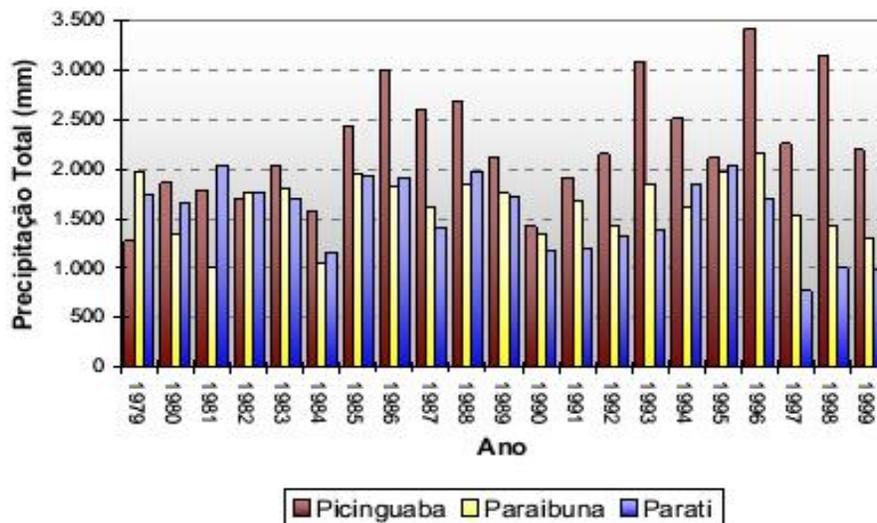


Figura 6: Histograma de precipitação total anual da APA de Cairuçu entre os anos de 1979 e 1999. Fonte: ICMBIO, 2004.

Portanto, é possível subdividir a APA do Cairuçu em três subregiões onde os índices pluviométricos são diferenciados. Pode-se inferir que o comportamento climático da APA deve ser avaliado em função das características do relevo local que apresentam peculiaridades no padrão de distribuição das precipitações e temperaturas.

3.1.2. Aspectos Geológicos da APA de Cairuçu

Segundo o Plano de Manejo (ICMBIO, 2004), na APA de Cairuçu ocorrem dois domínios geológicos principais: o embasamento cristalino e as coberturas sedimentares cenozóicas, formadas nos ambientes de planícies continentais (fluviais e coberturas detríticas), transicionais (flúvio-marinhas) e marinhas (cordões litorâneos e planícies de maré).

Segundo o ICMBIO (2004), o embasamento cristalino da APA é constituído principalmente por formações granito-gnáissicas, que se dispõem em grandes faixas paralelas, seguindo a direção NE-SW, onde é possível individualizar três domínios principais:

- Granito Serra da Cangalha: corpo granitóide, que ocorre na península denominada Ponta da Juatinga, na faixa leste da APA, estendendo-se desde a Praia da

Ponta Negra até Praia do Pouso; e em dois corpos de dimensões menores: um no contato entre o Domínio Gnáissico e o Granito Parati-Mirim, o qual assume a forma de corpo alongado também na direção NE, onde se desenvolveu uma Baía estreita (Saco do Mamanguá), e outro no interior do Domínio Gnáissico, com forma mais irregular, porém no mesmo alinhamento do corpo anterior com terminação orientada segundo esta direção.

- Granito Parati-Mirim: é a maior unidade no interior da APA, distribuindo-se em uma faixa que se estende desde a divisa dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (no limite SW) até a parte litorânea a NE, que incluem a Face Oeste do Saco do Mamanguá, o Saco do Fundão, todo o litoral da Ponta Grossa até Paraty, onde termina seu domínio. Em seu interior ocorre uma associação com gnaisses na direção NE-SW, por onde passa grande parte da Rodovia BR-101 (Rio-Santos).

- Domínio Gnáissico: associação litológica que ocorre entre o Granito Serra da Cangalha e o Granito Parati-Mirim. O litoral sul da APA, desde Trindade até a Praia dos Antigos é constituído por estas rochas;

Além disso, observam-se pequenos depósitos fluviais, fluvio-marinhos, e de tálus na Enseada de Laranjeiras e na Praia do Sono.

3.1.2.1. Domínio Gnáissico e Corpos Graníticos

Os gnaisses estão situados em uma faixa com direção NE. São rochas de granulação média a grossa, textura granoblástica e foliação nítida. A foliação tem direção nordeste e apresenta dobramentos localizados. (ICMBIO, 2004)

Conforme destacado anteriormente, o domínio granítico dentro da APA é composto pelos Granitos Serra da Cangalha e Parati-Mirim. (ICMBIO, 2004). Associadas a essas rochas é comum a presença de encostas rochosas e a formação de campos de blocos e matacões, com diâmetros de 0,6 a 3 m, na superfície do terreno e emersos no solo de alteração.

3.1.2.2. Sedimentos Aluvionares

De acordo com o Plano de Manejo (ICMBIO, 2004), ao longo dos principais rios que cortam a APA de Cairuçu ocorrem planícies fluviais, estreitas e isoladas, associadas à presença de alvéolos. A granulometria dos sedimentos tende a variar conforme o perfil

longitudinal dos rios, sendo mais grosseira nos altos cursos, onde dominam os fluxos torrenciais (predominância de sedimentos arenosos, areno-argilosos e cascalhos), e mais finos nos médios e baixos cursos, onde tendem a ser arenosos, areno-argilosos, siltosos, ricos em matéria orgânica e, ocasionalmente, com a presença de cascalhos.

3.1.2.3. Sedimentos Colúvio-Aluvionares

Os depósitos colúvio-aluvionares possuem proximidade com cascalhos, areias e lamias; constituindo rampas de colúvio e depósitos de tálus, localizados junto à base e à meia-encosta dos morros. Resultam da ação de fluxos aluviais e gravitacionais de transporte de materiais de alteração das vertentes e são constituídos por material de espessura, extensão e granulometria variada, que envolve desde argila até blocos de rocha e matacões provenientes do embasamento. Já as fases mais distais ocorrem como sedimentos arenosos e lamosos, eventualmente com cascalheiras, distribuídos em regiões de baixa declividade e ao longo das drenagens (MOURA e SILVA, 2010).

3.1.3. Vegetação

De acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1992), a área apresenta as subclassificações de Florestas Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Submontana. Com elevada biodiversidade, possuindo aproximadamente 10.000 espécies de plantas, em que se destaca a exuberância da mata higrófila nas encostas e nos vales, a mata de restinga e os manguezais do fundo do Saco do Mamanguá, profundo recorte no litoral onde é praticada a pesca tradicional.

As vertentes apresentam afloramentos rochosos cobertos por flora característica, constituída principalmente por gramíneas, aráceas, bromeliáceas, orquídeas e cactáceas (ICMBIO, 2004).

A vegetação que ocorre na base das encostas encontra-se bem desenvolvida. Ela é constituída por árvores de copas densas de espécies seletivas, enquanto a do meio das encostas é mais heterogênea. No alto das encostas, a vegetação é mais uniforme e menos desenvolvida, devido às condições edáficas menos favoráveis, com solos mais rasos e de rápida drenagem. (IBGE, 1992)

Entre as praias de Itaoca e Galhetas encontra-se uma capoeira degradada com fisionomia por vezes rala, Destacam-se também exemplares isolados de mata nativa e

espécies exóticas, como jaca, mangueira e tamarindeiro (ICMBIO, 2004). A vegetação de mangue é encontrada nas regiões baixas junto ao mar, com ecossistema característico.

A seguir são apresentados, de acordo com o Plano de Manejo (ICMBIO, 2004) os tipos vegetacionais mais significantes na APA.

3.1.3.1. Floresta Ombrófila Densa

A Floresta Ombrófila Densa é o tipo de vegetação predominante na APA e caracteriza-se pela elevada densidade e heterogeneidade florística e por apresentar três ou mais estratos arbóreos, com muitas epífitas (que indicam um ambiente mais úmido e com árvores mais velhas) e lianas (Figura 7).

O termo “ombrófilo” refere-se à ocorrência de alta precipitação, bem distribuída ao longo de todo o ano (de 0 a 60 dias secos ao ano). Pode ser subdividida em “formação montana” (altitudes de 500m a 1.500m), submontana (altitudes de 50m a 500m) e de terras baixas (de 5m a 50m).



Figura 7: Floresta Ombrófila Densa na trilha Laranjeiras-Praia do Sono, dentro da APA de Cairuçu. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

As intervenções antrópicas ocorrem de forma pontual através da manutenção de trilhas de passagem, coleta de cipós, palmitos e orquídeas, corte seletivo de “pau de

canoas”. Estas atividades não afetam significativamente as características originais de estrutura e de espécies vegetais (ICMBIO, 2004).

A fisionomia florestal apresenta árvores de grande porte, formando um dossel fechado, alcançando altura de 30 m a 35m, quando em estágio avançado de regeneração; pode apresentar o dossel de 10 a 20-25 m de altura, quando em estágio médio de regeneração; e pode alcançar até 8 metros, quando em estágio inicial de regeneração (ICMBIO, 2004).

3.1.3.2. Vegetação Arbustiva

Vegetação de porte herbáceo e arbustivo, de até 1,5m de altura com predomínio de gramíneas em geral. Corresponde a áreas mais degradadas da APA, muitas vezes com solo exposto a processos erosivos, já sem o horizonte superficial. Algumas encostas sofrem queimadas periódicas (ICMBIO, 2004).

Nas vilas caiçaras, onde a atividade principal é a pesca e o turismo, as roças de subsistência e os bananais estão sendo desprezados, e a atividade turística – mais rentável – está sendo mais desenvolvida. Desta forma, a vegetação pioneira destas áreas resulta do abandono do solo devido ao cultivo por décadas com canaviais. Esse tipo de vegetação ocorre em diversos pontos da APA, como: Ponta Grossa, Boa Vista, meia encosta da Cajaíba entre o Pouso e a Praia Grande (ICMBIO, 2004).

3.1.3.3. Manguezal

De acordo com a Resolução Conama 10/93, os manguezais são definidos da seguinte forma:

Vegetação com influência fluvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e Santa Catarina. Nesse ambiente halófito, desenvolve-se uma flora especializada, ora dominada por gramíneas (*Spartina*) e amarilidáceas (*Crinum*), que lhe conferem uma fisionomia herbácea, ora dominada por espécies arbóreas dos gêneros *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*, os dois primeiros colonizando os locais mais baixos e o terceiro os locais mais altos e afastados da influência das marés. (BRASIL, 1993)

Na área da APA ocorrem duas grandes manchas de mangue: na foz do Rio dos Meros e Saco do Fundão, e no fundo do Saco do Mamanguá. Ocorrem ainda áreas significativas de manguezal na foz do Rio Mateus Nunes, junto à Ilha das Cobras, na

cidade de Paraty, e na foz do rio Paraty Mirim. Na Praia Grande, na Praia do Sono e em Trindade ocorrem pequenas manchas (ICMBIO, 2004) (Figura 8).



Figura 8: Vista da praia do Sono onde se observa a Floresta Ombrófila Densa (ao fundo), a vegetação de Mangue (destacada em vermelho) e a formação de um estuário. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

3.1.4. Geomorfologia e Caracterização dos Solos

Segundo o ICMBIO (2004), sete tipos de relevos foram individualizados: montanhas e morros, morrotes, cones de dejeção e corpos de tálus, planície marinha com cordões litorâneos e praias, planície fluvial, planície de maré e planície fluvio-marinha.

O relevo de montanhas e morros é o que predomina na APA de Cairuçu, associado a todo o arcabouço granito-gnáissico da área, à exceção de um corpo do Granito Serra da Cangalha que assume formas rebaixadas de morrotes. As demais formas de relevo estão associadas aos processos deposicionais continentais (planície fluvial, cones de dejeção e corpos de tálus), marinha (planície marinha com cordões litorâneos e planície de maré) ou mista (planícies flúvio-marinhas).

As montanhas e morros estão relacionados aos tipos de relevos sustentados por gnaisses e granitos que dão origem a solos de alteração, residuais e superficiais delgados e com frequentes afloramentos de rocha, que formam cristas alongadas, cumes isolados devido às declividades acentuadas. É comum, que os solos superficiais – com

aproximadamente 0,5 metros de espessura - sejam de textura argilosa ou argilo-siltosa (média) e correspondam a associações de Cambissolos Hápicos e Cambissolos Húmicos, ocorrendo também Latossolos-Vermelho-Amarelo nos topos e encostas mais suaves (ICMBIO, 2004).

As elevadas declividades desses relevos condicionam a ocorrência de processos de entalhe e transporte fluvial, rastejo, queda de blocos e escorregamentos planares, bem como a deposição de cones de dejeção e corpos de tálus no sopé das vertentes, que são os relevos que caracterizam a transição entre o Planalto da Bocaina e a Baixada Litorânea.

Os morrotes e cones de dejeção e corpos de tálus são relevos que se desenvolvem a montante de soleiras, caracterizando alvéolos de diferentes dimensões. Os morrotes são sustentados na área pelo Granito Serra da Cangalha, constituindo áreas suaves favoráveis à deposição de sedimentos colúvio-aluvionares que formam Cones de dejeção e corpos de tálus. Associado a esse relevo ocorre a formação de uma das mais extensas planícies de maré dentro da APA de Caiuru, defronte ao Saco do Mamangá, onde se desenvolve um importante manguezal.

A baixada litorânea constitui-se de planícies marinhas com cordões litorâneos e praias, planícies de maré, planícies fluvio-marinhas, planícies fluviais e cones de dejeção e corpos de tálus. Esses relevos planos a suaves apresentam predominantemente processos deposicionais associados à ação dos rios, marés e ondas, sendo os processos erosivos de baixa intensidade e restritos à ação erosiva lateral e vertical dos canais fluviais meandrantos e à ação das ondas junto ao mar.

Os solos que ocorrem na parte movimentada do relevo são, em geral, de elevada acidez e com indicativos de baixa fertilidade. Em áreas planas, em pequenas várzeas, os solos são também ácidos, hidromórficos, argilosos e muito argilosos sendo influenciados pelo elevado lençol freático durante o ano todo ou por um longo período. São solos com saturação por base inferior a 50%, que lhes confere o caráter distrófico, representando baixos teores nutricionais. (MARQUES, 1997). No quadro 1 é possível observar o local de ocorrência das classes de solo presentes na APA.

Quadro 1: Solos predominantes e local de ocorrência dentro da APA de Cairuçu. Modificado de ICMBIO, 2004.

CLASSES DE SOLO	CARACTERÍSTICAS DO SOLO	LOCAL
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	- Textura média ou argilosa - Fase não rochosa e rochosa - Relevo montanhoso e escarpado	Faixa costeira entre a escarpa e as áreas de planícies.
Latossolos Vermelho-Amarelos Distrófico	- Textura argilosa - Relevo montanhoso e forte ondulado com Horizonte A moderado e Proeminente	
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	- Textura média ou argilosa - Relevo montanhoso e escarpado com afloramentos rochosos	Escarpa da Serra do Mar e Ponta da Juatinga
Latossolos Vermelho-Amarelos Álico	- Horizonte A moderado - Textura argilosa, - Relevo forte ondulado	Região dos municípios de Arapeí e Bananal
Argissolos Vermelho-Amarelos Tb Distrófico	- Horizonte A moderado - Textura média ou argilosa - Relevo forte ondulado	
Cambissolos Háplicos Tb Distrófico	- Horizonte A moderado - Textura média ou argilosa - Relevo forte ondulado e montanhoso	
Neossolos Flúvicos Distróficos	- Horizonte A moderado - Textura média ou argilosa - Fase floresta de várzea - Relevo plano	Região dos rios Perequê-Açu

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos propostos foram utilizadas metodologias encontradas na literatura nacional e internacional. Em algumas dessas metodologias, foram necessárias adaptações a fim de compreender e avaliar as características próprias dos estudos realizados, visando melhor obtenção dos dados e, portanto, maior exatidão nos resultados das análises. Assim, a seguir são enumeradas as etapas metodológicas que foram trabalhadas durante esta pesquisa. Todas as análises de solo foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho de Meis do departamento de Geografia da UFRJ.

4.1. Coleta e Análise das Amostras de Solo

Para análise do solo, foram coletadas amostras em duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, deformadas e indeformadas, em cinco pontos na trilha Laranjeiras – Praia do Sono, em dois pontos na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos e em dois pontos na trilha Praia de Galhetas - Ponta Negra. As amostras foram coletadas nos meses de agosto, outubro e novembro do ano de 2012.

Para que seja feita uma comparação da qualidade do solo, as amostras foram coletadas na área da trilha que sofre pisoteio e na área de borda, onde não há passagem de visitantes. A área de borda da trilha foi definida pelo *buffer* de 5 metros a partir do limite da área pisoteada da trilha (Figura 9).

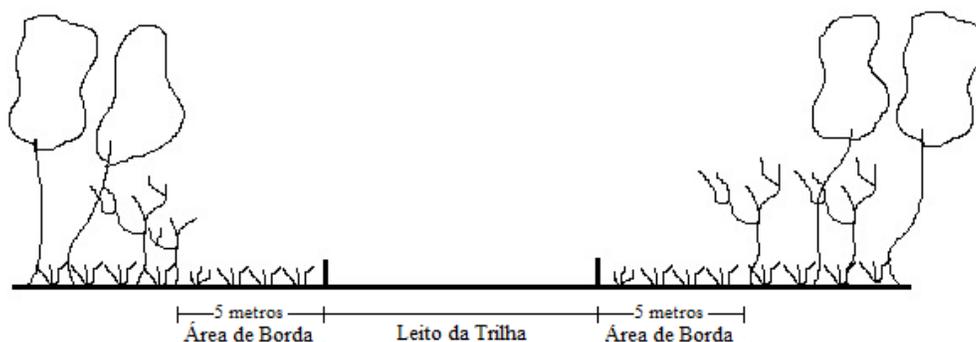


Figura 9: Esquema da área de borda da trilha, definida pelo *buffer* de 5 metros. Elaboração própria.

Essas duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm) foram escolhidas, pois o solo sofre maior impacto do pisoteio nos seus primeiros centímetros, sendo assim, é possível

perceber alterações nas propriedades físicas e químicas do mesmo. Castro Filho (1998), Madari (2004) e Deneff e Six (2005) destacam que nessas profundidades é possível perceber uma correlação entre os índices de agregação e o teor do carbono orgânico do solo, sendo que a estabilidade de agregados tende a diminuir com o aumento da profundidade.

As amostras foram coletadas em intervalos de aproximadamente 500 metros na trilha Laranjeiras – Praia do Sono, de 300 metros na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos e de 150 metros na trilha Praia de Galhetas - Ponta Negra. 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.

As amostras volumétricas retiradas em anel (volume conhecido: 100 cm³) foram coletadas para determinação da densidade do solo (EMBRAPA, 1997); os blocos de solo coletados determinaram a estabilidade de agregados em água (YODER, 1936) e posteriormente o teor de matéria orgânica – queima de MO no forno mufla - e carbono orgânico – oxidação por dicromato; e as amostras deformadas foram coletadas para análise da textura e da densidade de partículas. Todos os métodos propostos, exceto o de estabilidade de agregados em água, foram realizados de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (1997).

Para o mapeamento das feições erosivas foram coletados em campo, com o GPS GARMIN 60, os pontos onde havia a presença de algum tipo de feição erosiva, como ravinas, ou pequenos movimentos de massa, e foi gerado um mapa da localização das mesmas através da utilização do *software* ArcGis 10 (Esri).

Na análise dos dados de estabilidade de agregados foram calculados a média e o desvio padrão como expressão sintética dos resultados.

O teste estatístico que foi realizado para comparar os diferentes pontos de cada trilha e a área de borda e do leito da trilha é o *Kruskal-Wallis*. Ele é usado para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes. Portanto, este teste não paramétrico é utilizado para comparar três ou mais amostras independentes, e nos indica se há diferença entre pelo menos duas delas (TRIOLA, 2008). Para realização do teste estatístico foi utilizado o *software* livre Action versão 2.5 disponível no site Portal Action.

4.1.1. Estabilidade dos Agregados em Água

Para determinar a estabilidade de agregados em água – método proposto por Yoder (1936) e modificado por Castro Filho *et al.* (2002) – foram coletados em campo, blocos de solo (Figura 10) em duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, em três repetições (para realização de teste estatístico), que foram suavemente 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 < 0,125mm) de agregados por via úmida.



Figura 10: Abertura de trincheira para coleta de blocos para realização da estabilidade de agregados. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Para cada amostra foram pesadas três alíquotas de 25 gramas cada, duas para realização do procedimento de tamisamento úmido e uma para determinação da umidade real. Antes do procedimento as amostras foram umedecidas lentamente com um borrifador para evitar que o contato repentino com a água provocasse rápida ruptura dos agregados. Depois de passadas duas horas do início do umedecimento, as mesmas

foram transferidas para o aparelho de Yoder (Figura 11), 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 11: Aparelho de Yoder onde as amostras são submetidas ao tamisamento úmido. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

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 lavado com água destilada e seco em estufa a 105° C durante 24 horas. Decorrido esse tempo, pesou-se e armazenou-se cada classe, para posterior análise do teor de matéria orgânica (Figura 12).

Não foi descontada a areia nos cálculos do DMP, do DMG e do IEA, uma vez que essas partículas participam do processo de agregação do solo (CASTRO FILHO *et al.*, 1998)



Figura 12: Processo de coleta e análise das amostras para determinação da estabilidade de agregados em água. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

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), através das equações modificadas por Castro Filho *et al.* (2002) 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:

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

- IEA (%) obtido pela equação:

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

4.1.2. Análise da Textura do Solo

Para a análise da textura foram coletadas amostras deformadas de solo em duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm. Foi utilizado o método de análise granulométrica (dispersão total- método da pipeta), que “*se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo*” (EMBRAPA, 1997, p. 43). As amostras foram classificadas de acordo com o triângulo textural elaborado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (LEMOS e SANTOS, 1996).

Primeiramente, o solo foi destorroado e homogeneizado na peneira de 2 mm. Posteriormente, foram pesadas 20 gramas de solo e adicionados 10 ml de dispersante (hidróxido de sódio) e 100 ml de água destilada; a solução foi agitada com um bastão de vidro e permaneceu em repouso durante 12 horas. Decorrido o tempo, a amostra foi levada ao agitador elétrico por 15 minutos (solos argilosos e de textura média) e foi lavada na peneira de 0,053mm, onde a areia ficou retida e a fração silte+argila que passou pela peneira foi para uma proveta de 1000 ml. Após esse procedimento, a solução foi agitada por 20 segundos, mediu-se a temperatura e marcou-se o tempo após a conclusão da agitação (Figura 13).



Figura 13: Pipetagem da fração argila durante a análise granulométrica. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Transcorrido o tempo de acordo com a temperatura indicada no Manual da Embrapa (1997), foi introduzida uma pipeta de 50 ml até a profundidade de 5 cm, onde

coletou-se a fração argila. As frações de areia e argila foram levadas à estufa por 24 horas a 105°C. Por fim, a amostra de areia passou na peneira de 0,2mm para separar areia fina da areia grossa. As frações foram calculadas a partir das seguintes expressões:

- Teor de Argila através da equação abaixo, onde T_{arg} = Teor de argila (g/kg); m_{arg} = massa de argila (g) e m_d = massa de dispersante (g):

$$T_{arg} = [(m_{arg} + m_d) - m_d] \times 1000$$

- Teor de Areia fina através da equação abaixo, onde T_{af} = Teor de areia fina (g/kg); m_{af} = massa de areia fina (g):

$$T_{af} = (m_{af}) \times 50$$

- Teor de Areia grossa através da equação abaixo, onde T_{ag} = Teor de areia grossa (g/kg); m_{af} = massa de areia fina (g); e m_{at} = massa de areia total (g):

$$T_{ag} = (m_{at} - m_{af}) \times 50$$

- Teor de Silte através da equação abaixo, onde T_s = Teor de silte (g/kg); T_{arg} = Teor de argila (g/kg); T_{af} = Teor de areia fina (g/kg); e T_{ag} = Teor de areia grossa (g/kg);

$$T_s = 1000 - (T_{arg} + T_{af} + T_{ag})$$

4.1.3.Densidade Aparente do Solo

Para a determinação da densidade do solo, foi utilizado o método do anel volumétrico, proposto pela Embrapa (1997). Portanto, foram coletadas amostras em um anel de aço de volume conhecido (100 cm³) em duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm), nos pontos amostrados. As amostras foram retiradas do anel e pesadas, após esse processo, as mesmas foram levadas a estufa e deixadas a 105°C por 24 horas. Depois de retiradas, as amostras foram pesadas e a densidade foi determinada a partir da fórmula abaixo, onde D representa a densidade (g/cm³); a = massa da amostra seca a 105°C (g); e b = volume do anel (cm³):

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

4.1.4. Densidade de Partículas

Para a análise da densidade de partículas do solo foram coletadas amostras deformadas de solo em duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm. O solo foi destorroado e homogeneizado na peneira de 2 mm, foram pesadas 20 gramas e levadas à estufa com temperatura de 105°C, por 12 horas. Decorrido o tempo, as amostras foram pesadas e transferidas para um balão de 50 ml (EMBRAPA, 1997).

Após esse procedimento, foi adicionado álcool etílico, agitando o balão para eliminar as bolhas de ar que se formavam, quando não houvesse mais bolhas de ar e o volume do balão estivesse completo, era anotado o volume de álcool gasto. A densidade de partículas foi obtida através da seguinte fórmula, onde DP é a densidade de partículas (g/cm³), a= massa de amostra seca a 105°C (g) e b = volume de álcool gasto (ml):

$$Dp = \frac{a}{50 - b}$$

4.1.5. Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico do Solo

Foram empregados dois métodos distintos para a obtenção dos teores de matéria orgânica do solo. Esses métodos são os mais utilizados pela maioria dos laboratórios (SILVÉRIO e GONÇALVES, 2008), e, portanto, são aqueles que mais aparecem nos trabalhos acadêmicos e manuais técnicos de análise de solos (DIAS e LIMA, 2004; IBGE, 2005).

São eles: a queima (ignição) da matéria orgânica em forno mufla e o método de oxidação do carbono orgânico com dicromato de potássio, que apresenta de forma indireta o teor de matéria orgânica. Uma das razões para a utilização dos dois métodos é que se sabe que a determinação da matéria orgânica, em ambos os métodos, possui algumas limitações, enquanto o método direto superestima os teores de matéria orgânica o método indireto, pode subestimá-los. A seguir, os dois métodos são explicados de acordo com cada proposta.

4.1.5.1. Método Direto: Perda de massa por ignição

A fim de calcular o teor de matéria orgânica do solo, foi utilizado o método simples, de queima de matéria orgânica no forno mufla. Para isso, foram utilizados os agregados do solo (após a realização do procedimento de estabilidade de agregados em água) separados em macro e micro agregados (macroagregados $> 0,25$ mm e microagregados $< 0,25$ mm).

Existem diversas metodologias e adaptações para o método de queima da matéria orgânica. Com isso, as amostras de solo vão ao forno mufla podendo ser submetidas a diferentes temperaturas e períodos de tempo. As temperaturas mais utilizadas na ignição são de 306°C e 500°C (IBGE, 2005; SILVÉRIO e GONÇALVES, 2008 e LIMA, 2010).

Na presente pesquisa o método utilizado para queima da matéria orgânica foi o de Ball (1964). As amostras de macro e micro agregados do solo foram pesadas em cadinhos de porcelana, e levadas à estufa a 105°C por 24 horas. Após este período, foram retiradas da estufa e deixadas esfriar em dessecador, sendo pesadas novamente para registro do peso seco. Os cadinhos contendo as amostras de solo foram, então, colocados em forno mufla com temperatura de 375°C durante 16 horas (Figura 14).

Passado este período, os cadinhos com as amostras foram retirados do forno e novamente deixados resfriar no dessecador, para não ganhar umidade. Os novos pesos foram registrados.



Figura 14: Amostras no forno mufla no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho de Meis/UFRJ. Acervo: L. A. Rangel, 2013.

Assim foi possível determinar a porcentagem de matéria orgânica no solo, através da fórmula abaixo onde MO = porcentagem de matéria orgânica; a = peso do solo seco a 375°C (g) e b = peso do solo antes de ser levado a mufla (g):

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

Sendo assim, para determinar o teor de Carbono Orgânico por este método, basta aplicar a expressão:

$$MO (\%) = C \times 1,724$$

Este método possui alguns problemas, pois resulta em valores estimados através da massa (peso) da amostra de solo seco que é volatilizada ao ser posta em ignição em alta temperatura (SILVÉRIO e GONÇALVES, 2008). Sua principal limitação é a de que outros componentes, além dos materiais orgânicos, podem ser eliminados pela queima, superestimando os valores reais.

Dias e Lima (2004) destacam que água estrutural, volatilizada dos minerais constituintes da amostra, gás carbônico, carbono inorgânico, e outros componentes minerais ou inorgânicos podem ser volatilizados em altas temperaturas, sendo contabilizados ao final do experimento, elevando os valores de carbono orgânico e matéria orgânica.

Segundo Dias e Lima (2004) a volatilização de substâncias que superestimam os teores de matéria orgânica e carbono orgânico estaria mais sujeita a ocorrer a temperaturas acima dos 360°C, sendo esta a mais adequada para se realizar a análise pela queima.

4.1.5.2. Método Indireto: Análise química do carbono orgânico

A determinação do carbono orgânico foi feita após a separação em macro e micro agregados do solo. Foi realizada, portanto, a oxidação da matéria orgânica por via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 1997).

Foram trituradas 20 gramas de solo, em seguida foram passadas na peneira de malha 0,180 mm (ABNT n° 8), posteriormente 0,5 gramas do solo triturado foram pesadas e colocadas em erlenmeyer de 250 ml. Foram adicionados 10 ml (pipetados) da solução de dicromato de potássio a 0,0667 M e uma pitada de sulfato de prata.

Conjuntamente, foi preparada uma prova em branco com 10,00 ml da solução de dicromato de potássio e as soluções foram deixadas em repouso por 5 minutos.

Foi colocado um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura cheio de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador. Posteriormente, uma placa elétrica foi aquecida, onde a solução de dicromato de potássio permaneceu até a fervura branda, durante aproximadamente 5 minutos (Figura 15).

Por fim, a solução esfriou e juntou-se 80 ml de água destilada, 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina. Foi feita a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, até que a cor azul desaparecesse, cedendo lugar à verde. Anotou-se a quantidade de sulfato ferroso amoniacal gasto e o teor de Carbono Orgânico (g/kg) foi obtido através da fórmula abaixo onde C = carbono, f = volume do sulfato ferroso gasto na prova em branco e v = volume gasto (ml)

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

A percentagem de matéria orgânica foi 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% (EMBRAPA, 1997).



Figura 15: Erlenmeyers com 0,5g da amostra com dicromato de potássio e ácido ortofosfórico adicionados (esquerda); término da titulação, após a mudança da coloração da solução para verde, encerrando a titulação (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2013.

A quantidade estipulada de dicromato pode não ser suficiente para oxidar todo o material orgânico, gerando erro ao final do procedimento. Para evitar isto, recomenda-se a diluição pela metade da quantidade de solo usado, ou seja, faz-se a pesagem de 0,25g do solo triturado. Basta que, ao final, durante o procedimento dos cálculos, haja a multiplicação por 2, representando o 0,5g de solo original. Esta recomendação é aplicável, principalmente, para amostras mais superficiais, onde os teores de matéria orgânica são, geralmente, maiores.

4.1.7. Porosidade Total

A porosidade determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar, estando diretamente relacionada com a densidade e a compactação do solo. Sendo assim, quanto maior a compactação, menor a porosidade total, maior a densidade aparente e a resistência à penetração, e, portanto, menor a circulação de água e ar no solo. Ela foi calculada a partir da fórmula abaixo, onde PT = porosidade total; a = densidade de partículas (g/cm^3) e b = densidade do solo (g/cm^3):

$$PT = \left(\frac{a - b}{a} \right) \times 100$$

4.2. Análise dos Impactos da Visitação nas Trilhas

Para analisar os impactos visuais causados pelo uso foram utilizadas duas metodologias. A primeira metodologia é baseada na proposta de Leung e Marion (1996) onde são avaliadas características da trilha, bem como a presença de feições erosivas e de lixo. A segunda metodologia utilizada é o Manejo de Impacto de Visitação (MIV/VIM), que prioriza o estudo dos impactos do uso da visitação visando o controle ou redução desses impactos.

As metodologias propostas foram aplicadas nas três diferentes trilhas, o que motivou resultados distintos. Buscou-se, portanto, obter uma avaliação geral das suas características ambientais, assim como, das suas condições de degradação, visando direcionar o trabalho dos gestores da APA de Cairuçu, bem como, auxiliar na recuperação das áreas degradadas.

4.2.1. Pesquisa Descritiva

Para descrição das trilhas, utilizou-se a metodologia proposta por Leung e Marion (1996), onde avalia-se a largura da trilha; presença de raízes e blocos rochosos; presença e altura de degraus; “buracos” com acumulação de água na trilha; limite da área pisoteada; presença de feições erosivas; presença de lixo e outras formas de degradação; e observação de formas de manejo.

Farrell e Marion (2002) apresentam um esquema onde é possível identificar a largura da trilha e o limite da área pisoteada (Figura 16). Os autores ressaltam erros corriqueiros ocorridos, uma vez que dificilmente são diferenciadas as incisões decorrentes da própria abertura das trilhas (MIP, *maximum incision, post-construction*), das geradas por processos erosivos (MIC, *maximum incision, current tread*). Portanto, a partir da abertura da trilha e com a intensa utilização da mesma, os processos erosivos se intensificam podendo aprofundar o limite da área pisoteada.

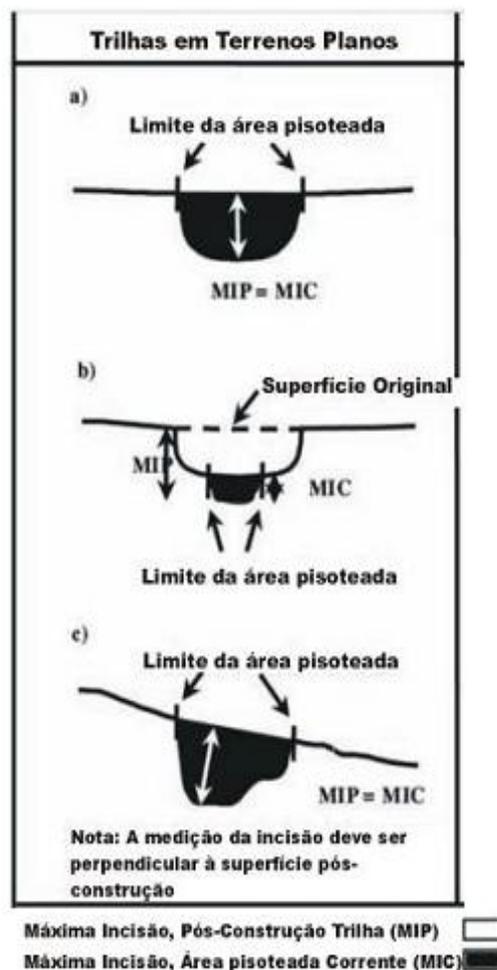


Figura 16: Ilustração da aplicação de mensurações do limite da área pisoteada em terrenos planos. Fonte: Farrell e Marion, 2002.

Com base nas observações feitas, foi elaborado um quadro (Quadro 2) com as características de cada ponto de coleta, baseada na tabela proposta por Kroeff (2010). Esse quadro foi preenchido ao longo das trilhas nos trabalhos de campo realizados.

Realizou-se também um levantamento geral das técnicas de manejo implantadas ao longo da trilhas, principalmente com referência às escadas e troncos colocados na trilha em áreas com maior declive, às pontes de madeira quando a trilha cruza riachos. Objetivou-se diagnosticar, de maneira geral, se nessas áreas houve atenuação dos impactos e se haveria necessidade de novas intervenções através de técnicas de manejo.

Quadro 2: Características observadas nos pontos amostrados das trilhas.

N° Ponto	Coordenada		Exposição de Raízes				Exposição de rochas				Acumulação de Água			
	E	N	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada

N° Ponto	Coordenada		Formação de Degraus			Altura do Degrau (cm)	Feições Erosivas			
	E	N	Ausente	Pouco Presente	Muito Presente		Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada

N° Ponto	Coordenada		Observações de Manejo	Largura da Trilha (cm)	Limite da Área Pisoteada (cm)
	E	N			

Fonte: Modificado de Kroeff, 2010.

Quando, nas trilhas, fossem assinaladas as intensidades *média* ou *elevada*, seria necessária a intervenção de técnicas de manejo, já quando, fossem assinaladas *não ocorre* ou *pouca*, essas técnicas seriam dispensáveis.

A exposição de rochas e de raízes de espécies arbóreas na superfície do leito da trilha foi classificada da seguinte forma: não ocorre, pouca, média ou elevada. Esses parâmetros são apenas visuais e, portanto, subjetivos. É possível ver um exemplo na figura 17.



Figura 17: Exemplo de elevada exposição de rochas (esquerda) e elevada exposição de raízes (direita) no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Já a formação de degraus foi classificada como: ausente, pouco presente e muito presente. Essa classificação foi subdividida de duas formas, a primeira onde os degraus foram formados pelo pisoteio da trilha, isto é, a própria forma da trilha, ou fluxo de água, proporciona os degraus e a segunda, que está relacionada à colocação de estruturas de madeira ou troncos no leito da trilha. É possível observar a diferença na figura 18.



Figura 18: Degraus originados pelo pisoteio da trilha, exposição de blocos rochosos e pelo fluxo de água (esquerda) e degraus relacionados à colocação de estruturas de madeira (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A constatação da existência de feições erosivas, como ravinas, ocorreu quando visualmente foi averiguado o aprofundamento anormal do leito da trilha. As ravinas são, segundo Araújo *et al.* (2013 p. 78), “pequenos canais formados a partir do fluxo preferencial do escoamento superficial”. Essas formações, no leito da trilha, são favorecidas pela retirada da vegetação e pelo impacto direto da gota da chuva no solo (Figura 19).



Figura 19: Ravina no leito da trilha com acumulação de serapilheira (em vermelho). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

4.2.2. Manejo de Impacto de Visitação (MIV/VIM)

Para auxiliar nos resultados da pesquisa descritiva, foi feita uma adaptação do Manejo de Impacto de Visitação (MIV/VIM), que é um método alternativo de manejo de visitação. Foi desenvolvido por Graefe *et al.* e publicado inicialmente em 1990 pelo Serviço de Parques Nacionais dos Estados Unidos (NPS), em colaboração com a Associação de Parques Nacionais e de Conservação (NPCA).

Esse monitoramento, que focaliza o estudo dos impactos do uso da visitação, visa oferecer soluções para o controle, ou redução de impactos, que prejudicam a qualidade ambiental em áreas naturais protegidas que possuem um fluxo contínuo de visitantes. Partindo do princípio que todo tipo de visitação causa impacto, o MIV não busca o impacto “nulo”, mas sim, o impacto em níveis aceitáveis. Portanto, estabelece mecanismos para promover o manejo e monitoramento da visitação. Costa (2006) elaborou um quadro onde destaca as etapas para aplicação do MIV/VIM (Figura 20).

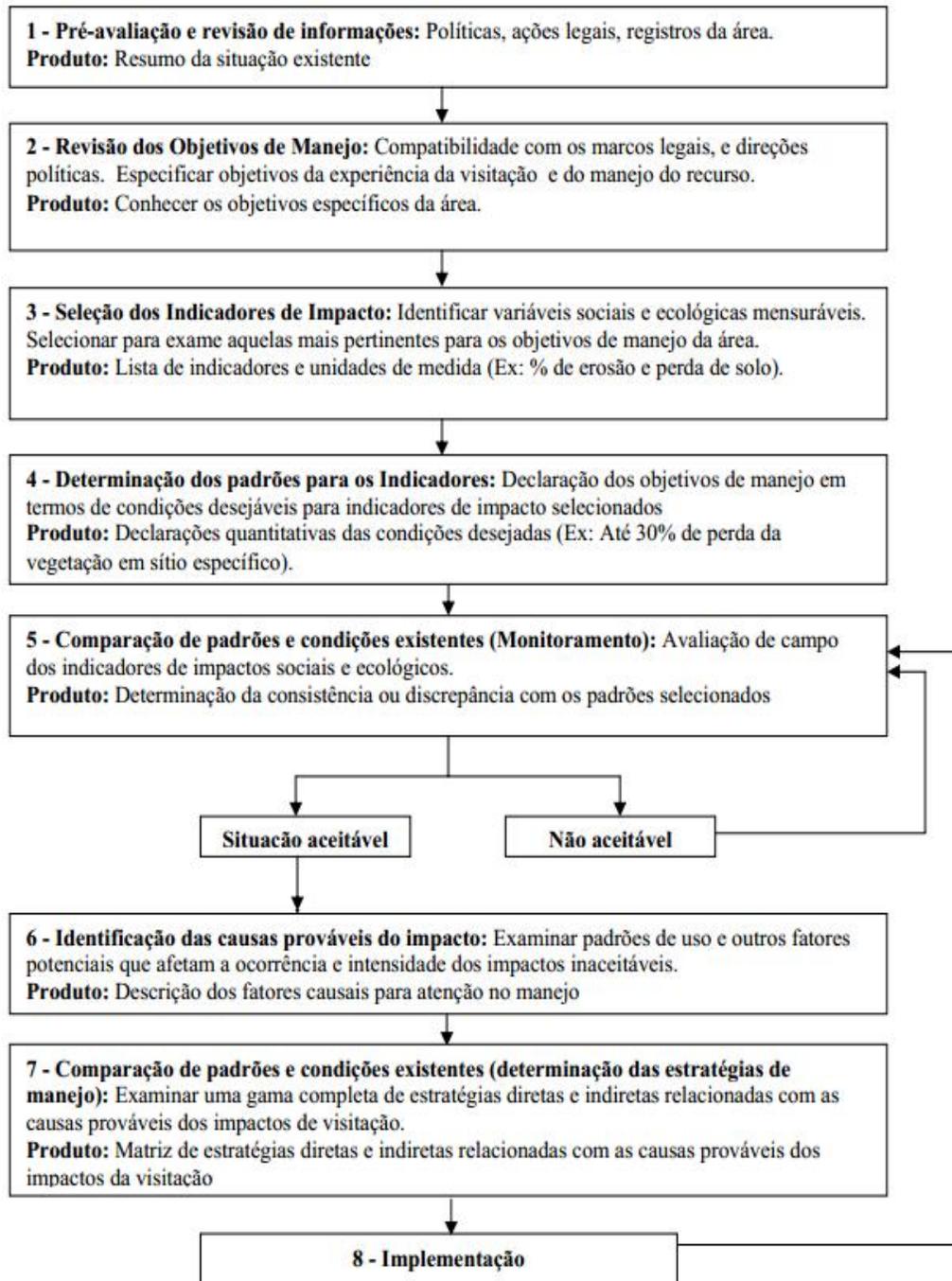


Figura 20: Etapas para aplicação do MIV/VIM. Fonte: Adaptado por Costa (2006).

Por fim, foi feita uma adaptação do quadro elaborado por Costa (2006) com o levantamento dos indicadores observados em cada trilha (Quadro 3). Foram atribuídos os índices nenhum, baixo, médio e alto para cada indicador analisado, baseado no que foi proposto por Freixedas-Vieira, *et al.* (2002) e os índices “sim” e “não” quando não for possível mensurar o impacto.

Com relação ao levantamento proposto pelo MIV, Costa (2006) destaca que:

“O exercício do olhar dirigido através de planilhas adaptadas do método de Freixedas-Vieira *et al.* (2002) constituiu-se também em um instrumento de avaliação, não só dos impactos presentes na trilha, mas também da realidade do uso e manejo da visitação, refletidos nas alterações percebidas ao longo do seu corredor” (COSTA, 2006, p. 238).

Quadro 3: Levantamento de Indicadores observados na trilha

INDICADOR	PONTOS DE COLETA				
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
LEITO DA TRILHA					
Variação da largura					
Afundamento					
Erosão em ravinas					
Erosão laminar					
Canal de drenagem					
Superfície descoberta (Luz do sol)					
BORDA	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Perda de borda crítica					
Desbarrancamento de encosta					
SOLO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Compactação					
Solo exposto (sem serapilheira)					
Rochas aflorando					
Raízes expostas					
Alagamentos					
Aclives/declives acentuados					
VEGETAÇÃO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Árvores caídas					
Vegetação na borda danificada					
Incêndios					
SANEAMENTO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
Pichação					
Lixo na trilha					
RISCO PARA O USUÁRIO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
De escorregar					
De cair de encosta					
Fatal					

Fonte: Modificado de Costa, 2006.

5. PERCORRENDO E AVALIANDO AS TRILHAS

As trilhas em análise são trilhas de forma linear e estão localizadas na parte sul da APA de Cairuçu, sendo que as trilhas Praia do Sono – Praia de Antigos e Praia de Galhetas - Ponta Negra também estão localizadas dentro dos limites da Reserva Ecológica da Juatinga. A seguir são apresentadas as análises dos resultados das observações feitas nas três trilhas apresentadas.

5.1. Trilha Laranjeiras – Praia do Sono

A trilha Laranjeiras- Praia do Sono tem início na Vila Oratório, localizada na enseada de Laranjeiras. No local, existe um condomínio de alto luxo que ocupa a maior parte da enseada, é uma área urbana de alto padrão econômico, com sua ocupação planejada, rigorosamente regulamentada e fiscalizada pela sua própria administração.

Devido ao acesso por via marítima à Praia do Sono e Ponta Negra ser mais rápido do que pelas trilhas existentes, seus moradores, depois de anos de negociações, utilizam, com normas acordadas entre as partes, o cais da marina do Condomínio Laranjeiras para embarque e desembarque de pessoas, pescado, compras e material de construção.

Como o transporte de turistas pela utilização de barcos, a partir da marina do condomínio é bastante restrito e totalmente controlado pela segurança do Condomínio, a utilização das trilhas é frequente, embora não seja possível precisar a quantidade de usuários que circulam nas mesmas, já que não existe um controle de visitantes.

A trilha possui nível de dificuldade médio, pois apresenta diversas intervenções de manejo, como a presença de escadas, degraus, pontes e corrimãos. Aparentemente é feita a limpeza do leito da trilha, pois raramente a serapilheira fica acumulada. Ela é considerada, pelo plano de manejo (ICMBIO, 2004) a mais utilizada da APA 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 (Figura 21).



Figura 21: Variações na vegetação da Trilha Laranjeiras – Praia do Sono. Floresta ombrófila densa (esquerda) e área descampada com a presença de gramíneas (direita). Acervo L. A. Rangel, 2012.

5.1.1. Análise das Feições Erosivas

Apesar das estruturas e intervenções de manejo, a presença de feições erosivas é evidente, principalmente no trecho antes dos limites da Reserva Ecológica da Juatinga, onde a largura do leito da trilha é maior. Já após os limites da REJ, o leito da trilha é mais estreito e há presença de blocos rochosos de diversos tamanhos nas concavidades, indicando passado de grande energia, que pode estar relacionado a processos de escorregamentos, de movimentos de massa e de transporte de sedimentos que ocorreram no passado Geológico, principalmente no Quaternário, influenciando diretamente na formação do relevo atual.

Observa-se também, ao longo da trilha, a presença de palmeiras no seu entorno, o que pode favorecer a concentração de fluxo, já que as mesmas possuem sistema radicular convergente.

Além disso, observa-se o relevo bastante recortado com vales estreitos. Apesar de serem nítidas áreas de convergência de fluxo, só foram observados dois pontos de drenagem com volume de água bem reduzido. As feições erosivas localizadas ao longo da extensão da trilha e os pontos de coleta podem ser observadas no mapa apresentado na figura 22.

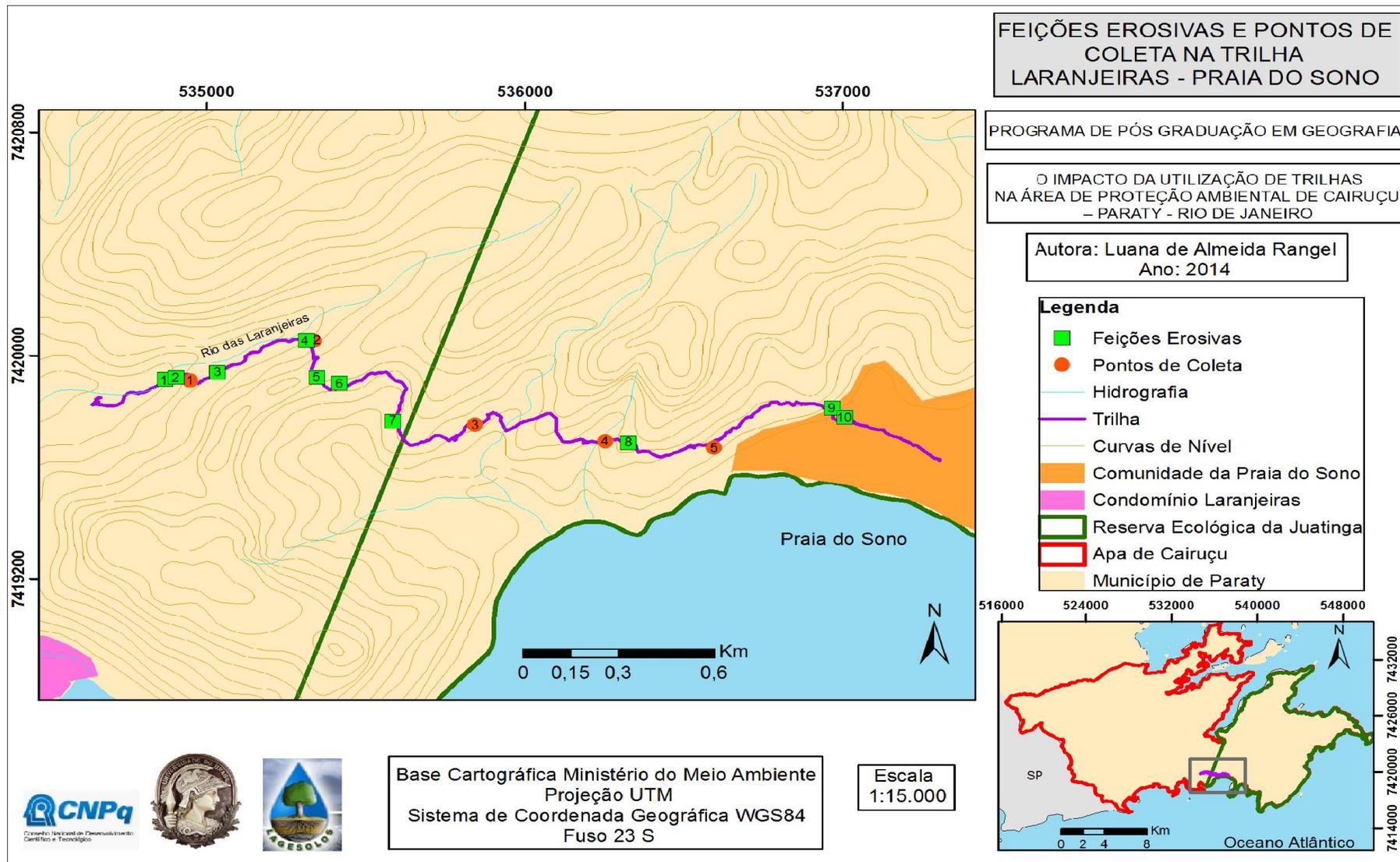


Figura 22: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Laranjeiras – Praia do Sono. Elaboração própria, 2014.

A primeira feição erosiva localizada é uma pequena cicatriz de movimento de massa, logo no início da trilha, onde foi instalada uma estrutura de madeira para conter possíveis deslizamentos. Observa-se, na estrutura de madeira, pichações feitas por usuários (Figura 23). Esse deslizamento está localizado no talude superior da trilha.

O desmoronamento da encosta pode provocar assoreamento da trilha, impedindo a passagem de visitantes ou, em casos mais extremos, pode colocar em risco a vida dos mesmos. Costa (2006) detectou desmoronamentos na borda da trilha do Rio Grande, no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ) e destacou o alto impacto que esses desmoronamentos podem causar, como por exemplo, a perda de borda crítica da trilha.

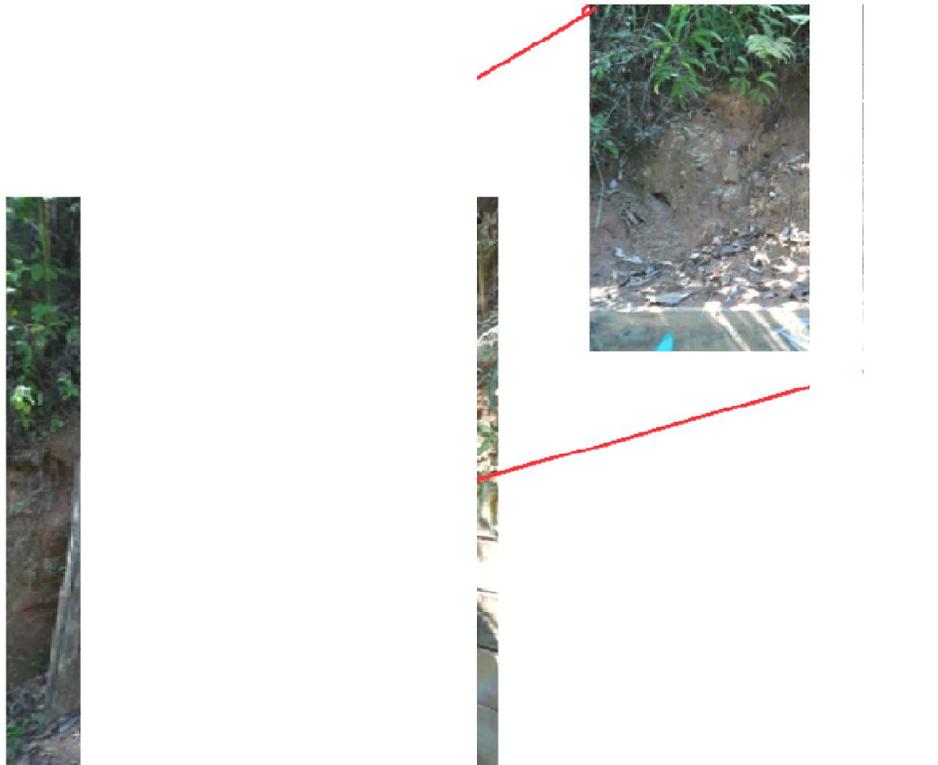


Figura 23: Pequena cicatriz de deslizamento que ocorreu na encosta. Possivelmente, o material deslizado acumulou-se no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A segunda feição erosiva encontrada é uma ravina que atravessa o leito da trilha e se aprofunda em direção a borda crítica, ocasionando a perda de solo (Figura 22). Kroeff (2010) observou, analisando as trilhas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, que trechos de trilha com declividades acima de 10 graus tendem a ter tanto erosão em ravinas, como degraus no leito da trilha.

Horton (1945) destaca que quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, ocorre o *runoff*. A água acumula-se em depressões (microtopografia)

na superfície do solo, e começa a descer a encosta através de um fluxo em lençol (*sheetflow*), podendo evoluir para ravina. Sendo assim, essa feição está relacionada a uma incisão no solo que a partir da concentração do fluxo de água tende a se aprofundar, e suas dimensões podem chegar a 0,5 metros de largura e de profundidade (GUERRA, 2010).

A ravina apresentada na figura 24 tem aproximadamente 80 centímetros de comprimento, 5 cm de largura e 3 cm de profundidade. Ela está localizada em uma área de convergência de fluxos. Verifica-se ainda, que a declividade da borda crítica é bem significativa, a vegetação da borda está danificada e existe a presença de lixo no leito da trilha.

As ravinas se formam a partir da concentração da água que escoar em pequenos e bem definidos canais. A turbulência cresce bastante nesta etapa e as partículas sedimentadas no interior das ravinas aumentam a irregularidade no fundo, tornando o fluxo ainda mais turbulento, e permitindo a evolução de cabeceiras (*headcuts*) nas ravinas (GUERRA, 2010).



Figura 24: Ravina no leito da trilha com o acúmulo de serapilheira e vegetação danificada na borda da trilha. Destacado em vermelho uma ponta de cigarro deixada na trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A terceira área localizada está localizada após uma subida, onde a trilha possui corrimão de madeira e tábuas no chão que indicam o caminho a ser percorrido. Na encosta descampada com vegetação predominante de gramíneas é possível identificar

dois pontos com processos erosivos mais avançados, esse desmatamento pode ter sido provocado pela incisão da trilha. Além disso, observa-se um corte no talude superior à trilha e a deposição de blocos rochosos na encosta (Figura 25). Em eventos extremos, como chuvas intensas e movimentos de massa, até mesmo por ação da gravidade, esses blocos podem rolar da encosta provocando a interdição da trilha.



Figura 25: Encosta com vegetação predominante de gramíneas e em destaque duas áreas com início de processo erosivo (esquerda). Corte na encosta e em destaque blocos rochosos (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A quarta feição erosiva está localizada antes do segundo ponto de coleta e também se encontra em uma área de convergência de fluxos (Figura 26). A ravina possui comportamento semelhante a do ponto 2: atravessa o leito da trilha estando mais desenvolvida na área de borda, onde a acumulação de água é maior, o que pode ser ocasionado pelo intenso pisoteio na parte central do leito que compacta mais o solo e provoca desnivelamento.

A presença de microrravinas e de ravinas no leito da trilha pode causar acidentes para o usuário, pois podem provocar quedas, principalmente quando as mesmas estão encobertas por serapilheira, conforme apresentado na figura 26. Além disso, o acúmulo de serapilheira na área de borda indica que o fluxo superficial de drenagem está direcionando as folhas acumuladas no leito da trilha para a borda da mesma. O solo exposto, isto é, sem a cobertura de serapilheira, sofre alto grau de impacto não só com o pisoteio dos usuários e o impacto direto da gota da chuva (erosão por *splash*), mas

também, com a falta de incorporação de matéria orgânica ao solo, o que impede o crescimento de vegetação e interfere na dinâmica do solo.



Figura 26: Solo compactado com ravina (em vermelho) atravessando o leito da trilha (esquerda) e o acúmulo de serapilheira na borda (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A quinta feição erosiva é uma ravina que está localizada ao lado de uma escada de madeira (Figura 27). Por ser uma área com declividade média, a feição se alonga por 10 metros e o seu ponto mais profundo possui 35 centímetros. A feição está localizada entre a borda da trilha e a escada e se mantém paralela a mesma, sendo direcionada encosta a baixo, o que evidencia a concentração do fluxo superficial.



Figura 27: Ravina e escada de madeira (esquerda) evidenciando fluxo superficial concentrado. Em detalhe, acúmulo de serapilheira dentro da ravina e no leito da trilha (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Nesse trecho a concentração de serapilheira no leito da trilha é bastante expressiva. Ademais, observaram-se árvores caídas no leito da trilha e árvores queimadas e cortadas recentemente (Figura 28).



Figura 28: (a) Árvore queimada e caída sobre a fiação elétrica. (b) Troncos cortados e queimados na borda da trilha. (c) Árvore caída no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Conforme explanado anteriormente, dentre as diversas feições erosivas encontradas, foi mais significativa a presença de microrravinas e ravinas, como, por exemplo, na figura 29. Neste ponto, referente à sexta feição erosiva, é possível observar uma ravina que atravessa o leito da trilha e se divide, favorecendo o fluxo para a área de borda da trilha. O aparecimento dessa feição erosiva está associado à declividade do trecho analisado, que favorece o escoamento de água.

O aprofundamento do leito da trilha e o aparecimento de ravinas foram dois impactos recorrentes nos estudos de Costa (2006), Costa *et al.* (2008), Kroeff (2010) e Rangel e Guerra (2013b). Os autores destacam que essas feições erosivas são provocadas por diversos fatores além do escoamento concentrado, como o pisoteio, o desflorestamento da borda e a criação de atalhos. Costa (2006) ainda destacou que as ravinas encontradas na trilha do Camorim (Parque Estadual da Pedra Branca) não apresentavam áreas alagadas, semelhante ao que foi encontrado na trilha Laranjeiras – Praia do Sono.



Figura 29: Ravina, com fluxo preferencial para a borda da trilha, bem desenvolvida com acúmulo de serapilheira. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Na sétima feição os impactos encontrados estão na borda da trilha afetando diretamente o leito. É possível observar na figura 30, a erosão da borda crítica, bem como o comprometimento da vegetação e uma “clareira”. Estes processos podem auxiliar na perda de solo do leito da trilha.

Esse tipo de impacto pode ser causado pela abertura de atalhos, para desvio de áreas erodidas ou árvores caídas, ou de bifurcações para outras trilhas, facilitando, portanto, a perda de vegetação no corredor da trilha. Neste caso, o ponto analisado está localizado em uma área de convergência de fluxos, o que pode intensificar ainda mais, a perda da borda crítica.

Para evitar o agravamento da feição erosiva, sugere-se realizar um corte, conforme proposto por Costa (2006), onde as bordas críticas mais erodidas foram cortadas em uma inclinação de aproximadamente 3°, para evitar possíveis deslizamentos ou acúmulo de água e para suportar o fluxo superficial.



Figura 30: Borda crítica, erosão e desbarrancamento (setas em vermelho), supressão da vegetação e abertura de uma “clareira” no corredor da trilha (destacado em amarelo). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A oitava feição localizada exemplifica o elevado desenvolvimento da atividade erosiva, onde foi necessário construir uma ponte de madeira para que os usuários pudessem transpassar uma ravina localizada no leito da trilha (Figura 31).

Por estar localizada em uma área de convergência de fluxos, verifica-se que a ravina está bastante profunda (aproximadamente 50 cm), com o acúmulo significativo de serapilheira. Provavelmente, em episódios de chuva, o fluxo de água nessa feição erosiva deve ser bastante intenso, o que acarreta riscos ao usuário. Mais uma vez, constata-se que o trecho possui declividade significativa, o que favorece o escoamento superficial e a concentração do fluxo. Além disso, com o alargamento da ravina, a largura do leito da trilha diminui e as taxas de perda de solo e de escoamento dos sedimentos aumentam (RANGEL e GUERRA, 2013b).

Observa-se, ainda, o solo bastante compactado, evidenciando o intenso pisoteio e, por consequência, a selagem do mesmo. Para evitar esse tipo de problema, seria ideal a construção de canaletas de drenagem que evitariam o escoamento superficial pelo leito da trilha.



Figura 31: Escada e ponte em cima de ravina (destacado em vermelho) desenvolvida no leito da trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.

Além da presença de ravinas, pequenas cicatrizes de movimento de massa e desmoronamentos foram observados ao longo da trilha. Na nona feição erosiva, observa-se erosão na borda da trilha e, conseqüentemente, queda de material encosta a baixo. Verifica-se também, o estreitamento do leito da trilha e grande declividade da borda crítica (Figura 32). Esse processo pode estar associado à presença de canais de

drenagem ineficientes ou inexistentes, como foi apontado por Costa (2006), no estudo da trilha do rio Grande e do Camorim.



Figura 32: Borda crítica na trilha Laranjeiras - Praia do Sono, onde verifica-se o desbarrancamento da encosta e o estreitamento do leito. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A última feição erosiva encontrada é uma cicatriz de movimento de massa que ocorreu no talude superior (Figura 33). O solo possui característica mais arenosa, possivelmente, devido à sua proximidade com a praia do Sono. Nesse trecho, foram construídas duas escadas, provavelmente, devido à declividade acentuada e a possibilidade de ocorrência de pequenos movimentos de massa. Além disso, ocorre o estreitamento da largura do leito da trilha, bem como a presença de blocos rochosos de diversos tamanhos.



Figura 33: Movimento de massa e escada de cimento construída à montante do deslizamento. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

5.1.2. Avaliação dos Impactos da Visitação

Além do mapeamento das feições erosivas e das características físicas, químicas e funcionais da trilha, foram analisados os impactos de visitação, visando maior precisão na avaliação dos resultados.

Para isso, em cada ponto de coleta foram analisados diversos indicadores, que foram escolhidos a partir da sua sensibilidade e mensurabilidade, isto é, verificou-se quais indicadores podiam ser mensurados e observados e quais não poderiam ser identificados, pois não eram sensíveis às alterações.

Buscou-se, portanto, selecionar indicadores de fácil percepção, como alterações no leito e na borda da trilha, na vegetação, no solo, o tamanho do leito da trilha, a presença de degraus e de feições erosivas, entre outros. Esses indicadores foram observados nos pontos de coleta apresentados no mapa da figura 22 (página 62).

Os indicadores segundo o MIV e seus respectivos níveis de impacto estão apresentados no quadro 4. Já no quadro 5 são apresentadas as características observadas através da pesquisa descritiva, complementando a metodologia de Monitoramento de Impacto de Visitação.

Quadro 4: Levantamento da trilha Laranjeiras – Praia do Sono segundo o MIV.

INDICADOR	PONTOS DE COLETA				
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
LEITO DA TRILHA					
Variação da largura					
Afundamento					
Erosão em ravinas					
Erosão laminar					
Canal de drenagem					
Superfície descoberta (Luz do sol)					
BORDA					
Perda de borda crítica					
Desbarrancamento de encosta					
SOLO					
Compactação					
Solo exposto (sem serapilheira)					
Rochas aflorando					
Raízes expostas					
Alagamentos					
Aclives/declives acentuados					
VEGETAÇÃO					
Árvores caídas					
Vegetação na borda danificada					
Incêndios					
SANEAMENTO					
Pichação					
Lixo na trilha					
RISCO PARA OS USUÁRIOS					
De escorregar					
De cair de encosta					
Fatal					

Legenda

Não Ocorre	Ocorre	Baixa	Média	Elevada
------------	--------	-------	-------	---------

Quadro 5: Levantamento da trilha Laranjeiras – Praia do Sono segundo a pesquisa descritiva.

N° Ponto	Coordenada		Exposição de Raízes				Exposição de rochas				Acumulação de Água			
	E	N	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada
1°	534914	7419957	x				x				x			
2°	535308	7420101		x			x				x			
3°	535818	7419750	x				x				x			
4°	536224	7419741				x		x			x			
5°	536564	7419722	x					x			x			

N° Ponto	Coordenada		Formação de Degraus			Altura do Degrau	Observações de Manejo
	E	N	Ausente	Pouco Presente	Muito Presente		
1°	534914	7419957	x				Escada de madeira
2°	535308	7420101		x		49 cm	
3°	535818	7419750			x	20 cm e 29 cm	Degraus de madeira
4°	536224	7419741	x				Escada de madeira
5°	536564	7419722	x				Degraus de madeira

N° Ponto	Coordenada		Largura da Trilha (m)	Limite da Área Pisoteada (m)
	E	N		
1°	534914	7419957	3,2	1,18
2°	535308	7420101	5,48	1,95
3°	535818	7419750	3,66	2,68
4°	536224	7419741	4,85	1,22
5°	536564	7419722	1,47	1,03

Analisando os dois quadros é possível destacar que todos os pontos estão sofrendo com a compactação e exposição do solo (ausência de serapilheira). Apesar de quase todos os pontos apresentarem alguma estrutura de manejo, como escada ou degraus, o solo, no terceiro e quarto pontos de coleta, está sofrendo significativo impacto do uso, pois possui ravinas (no terceiro ponto) e erosão laminar, com exposição de raízes e rochas no leito da trilha (no quarto ponto). Estes impactos podem ser observados na figura 34.



Figura 34: (a) Visão geral do terceiro ponto de coleta com a presença de ravinas no leito da trilha (setas em vermelho). (b1) e (b2) Em detalhe raízes e rochas expostas no leito da trilha no quarto ponto de coleta. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Outro impacto a ser destacado é a presença de degraus no leito da trilha. Na figura 35 observam-se não só os degraus de madeira, mas também, degraus causados pelo pisoteio, sem nenhum tipo de estrutura. Os degraus são caminhos preferenciais da água que podem causar maior turbulência ao fluxo e se aprofundar devido ao pisoteio, pois, os usuários preferem utilizar-los em áreas mais íngremes.

Sendo assim, os degraus podem estar relacionados tanto à estrutura de manejo, quanto à erosão, pois, dependendo do seu traçado podem condicionar o fluxo de água para determinado local, favorecendo a concentração e a linearidade do mesmo. Além disso, podem ocasionar a formação de poças e de áreas alagadas, principalmente quando o solo está altamente compactado e as taxas de infiltração são muito baixas.

Nesse ponto, recomenda-se que seja feita a aplicação de serapilheira ao longo do leito da trilha. Isso facilitaria a manutenção do fluxo subsuperficial e superficial, aumentaria a porosidade do solo, evitaria a compactação e a criação de crostas no topo do solo e diminuiria a ocorrência de processos erosivos. Além disso, a instalação de uma canaleta de drenagem diminuiria o fluxo de água no leito da trilha.



Figura 35: Terceiro ponto de coleta onde foram colocados degraus de madeira e em seu prolongamento existe a formação de degraus sem contenção (em vermelho), ao lado dos degraus verifica-se o início de uma feição erosiva (seta em laranja) e observa-se, ainda, o solo com “fissuras” indicando a grande compactação do mesmo (detalhe em amarelo). L. A. Rangel, 2012.

A largura da trilha varia bastante, bem como o material do leito. No ponto 2 a largura da trilha atinge 5,48 metros e o limite da área pisoteada é de aproximadamente 1,95 metros. Enquanto o quinto ponto possui aproximadamente 1,03 metros de área pisoteada (Figura 36). Costa (2006) destaca que a diminuição do tamanho do leito da trilha pode ocasionar acidentes, como a queda de visitantes. No ponto cinco, o estreitamento da trilha é controlado através de uma contenção que foi construída na área da borda, evitando, portanto, possíveis quedas.



Figura 36: Pontos (dois e cinco) de coleta com diferentes larguras na trilha, destacado em vermelho o limite da área pisoteada e em amarelo a largura da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Outro impacto observado na trilha foi com relação ao saneamento, além da presença de lixo na trilha, foram observadas diversas pichações nas estruturas de manejo, como contenções e escadas de madeira (Figura 37). Além de deteriorar a paisagem natural, interferindo na experiência do visitante, a presença de lixo prejudica a fauna e contamina o solo e a água.

A falta de conscientização dos visitantes, que jogam lixo na trilha é uma questão que seria resolvida através da Educação Ambiental, da instalação de lixeiras no decorrer da trilha e através da limpeza e manutenção da mesma.



Figura 37: Pichação no primeiro ponto de coleta (esquerda) e lixo no segundo ponto de coleta (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Após a apresentação de todos os impactos observados ao longo da trilha, foi criado um quadro síntese baseado nas possíveis causas desses impactos, sugerindo, estratégias de manejo a fim de diminuir e até mesmo, acabar com os problemas observados na trilha (Quadro 6).

Quadro 6: Síntese dos impactos e possíveis causas desses impactos na trilha Laranjeiras – Praia do Sono.

IMPACTO	CAUSA PROVÁVEL
Largura do leito da trilha e declividade acentuada	Corte da trilha não acompanha a topografia
Presença de lixo e pichações	Falta de conscientização ambiental
Erosão laminar e em ravinas	Alta declividade, solo raso, não existe drenagem natural
Desbarrancamento da borda crítica	Pisoteio intenso, solo pouco coeso e influência fluvial
Árvores caídas e queimadas	Falta de conscientização ambiental

As sugestões propostas são baseadas no Manual de Construção e Manutenção de Trilhas do Estado de São Paulo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2009) e estão direcionadas ao aumento da conscientização do visitante, reflorestamento da área de borda da trilha com espécies nativas, construção de canaletas de drenagem e diminuição da declividade do leito da trilha.

5.1.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados

Como foi dito anteriormente, foram coletadas amostras de solo em cinco pontos ao longo da trilha Laranjeiras - Praia do Sono, em diferentes altitudes, declividades e condições geomorfológicas (Figura 38). A partir dessas coletas, foi possível inferir que as propriedades do solo estão sofrendo alterações em alguns pontos específicos tanto no leito, quanto na borda da trilha.

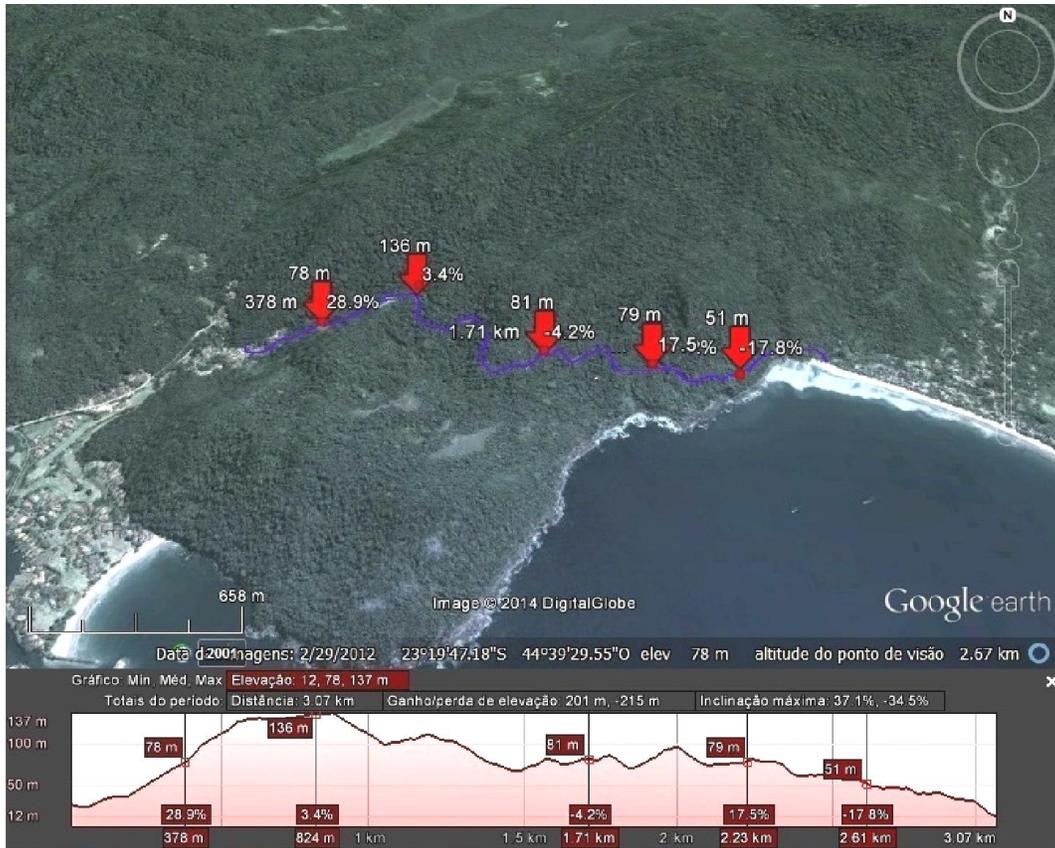


Figura 38: Perfil Topográfico da trilha Laranjeiras - Praia do Sono e altitude dos pontos de coleta. Fonte: Google Earth, 2013.

Para verificar as propriedades do solo foram realizadas algumas análises físicas e químicas, tanto na trilha, como na área de borda. A partir disso, é possível verificar a erodibilidade dos solos, indicando como suas características se relacionam com a paisagem encontrada e com o impacto da utilização da trilha.

Os resultados das análises da textura do solo são apresentados em duas tabelas, uma referente à área de borda e a outra referente ao leito da trilha (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.

GRANULOMETRIA DA BORDA DA TRILHA LARANJEIRAS - PRAIA DO SONO							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	243	118	361	439	200	557	Franco
Ponto 2	325	159	484	408	108	567	Franco
Ponto 3	449	81	530	317	153	398	Franco
Ponto 4	451	89	540	317	143	406	Franco - Arenosa
Ponto 5	177	60	237	399	364	459	Franco - Argilosa
10 - 20 cm							
Ponto 1	206	117	323	490	187	607	Franco - Siltosa
Ponto 2	346	111	457	295	248	406	Franco
Ponto 3	388	87	475	490	35	577	Franco - Siltosa
Ponto 4	461	97	558	285	157	382	Franco - Arenosa
Ponto 5	168	57	225	352	423	409	Argilosa

Tabela 2: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.

GRANULOMETRIA DO LEITO DA TRILHA LARANJEIRAS - PRAIA DO SONO							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	380	84	463	250	287	333	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 2	341	64	405	270	326	333	Franco - Argilosa
Ponto 3	458	72	530	216	254	288	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 4	494	88	582	227	191	315	Franco - Arenosa
Ponto 5	171	54	224	282	494	336	Argilosa
10 - 20 cm							
Ponto 1	252	136	388	201	411	337	Argilosa
Ponto 2	303	81	385	288	327	370	Franco - Argilosa
Ponto 3	411	90	501	98	401	188	Argilo - Arenosa
Ponto 4	174	67	241	472	287	539	Franco - Argilosa
Ponto 5	121	54	175	292	534	346	Argilosa

Com relação à granulometria, apesar de algumas exceções, verifica-se a tendência de maiores teores de areia e silte na borda. Já no leito da trilha, observa-se que a concentração de argila e de areia aumenta com a profundidade, este fato pode ser correlacionado aos processos erosivos laminares que tendem a transportar as menores partículas do solo. Kroeff (2010) encontrou resultados semelhantes ao analisar as trilhas do Sino e do Poço no Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

Outra tendência observada foi com relação à textura dos solos, enquanto na borda da trilha a textura Franca é predominante, no leito da trilha as texturas do solo que predominam são a argilosa e a franco-argilosa. Constata-se, que a concentração de argila no leito é maior do que nos pontos amostrados na área de borda.

Como os poros entre as partículas de argila são pequenos e irregulares, o movimento de água e ar no solo é lento. Porém, apesar do tamanho ser pequeno, existe uma grande quantidade de poros entre as partículas, o que permite que o solo retenha uma grande quantidade de água.

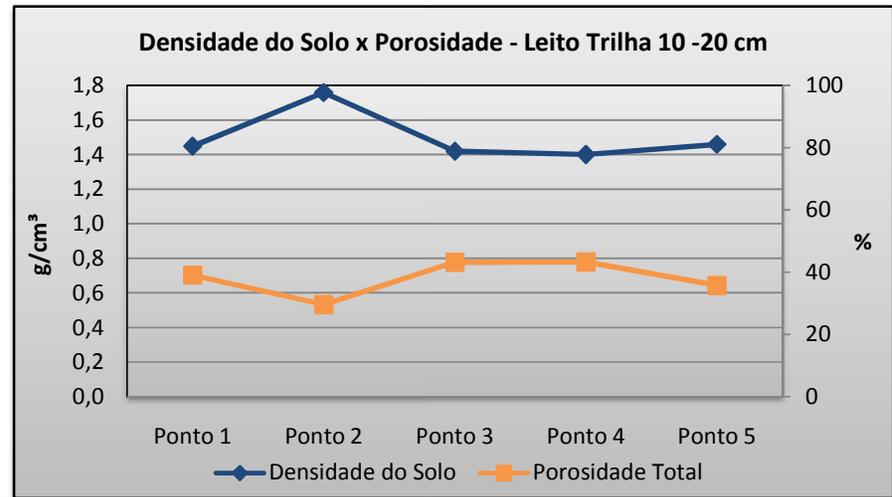
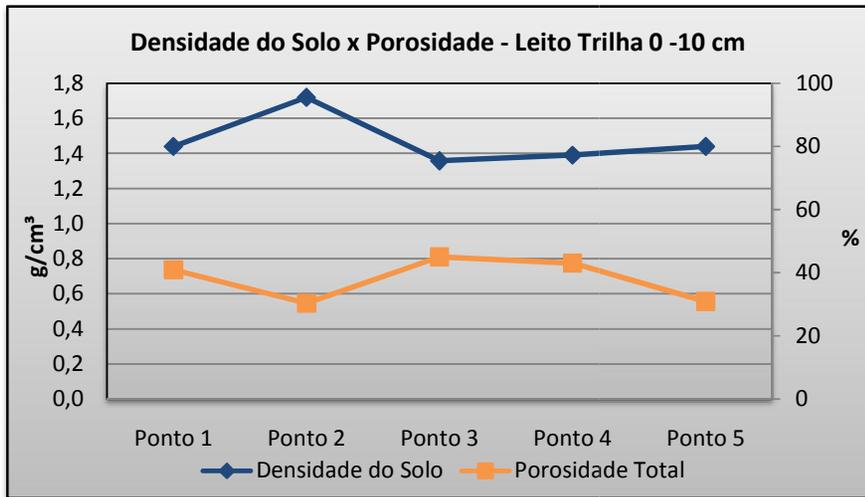
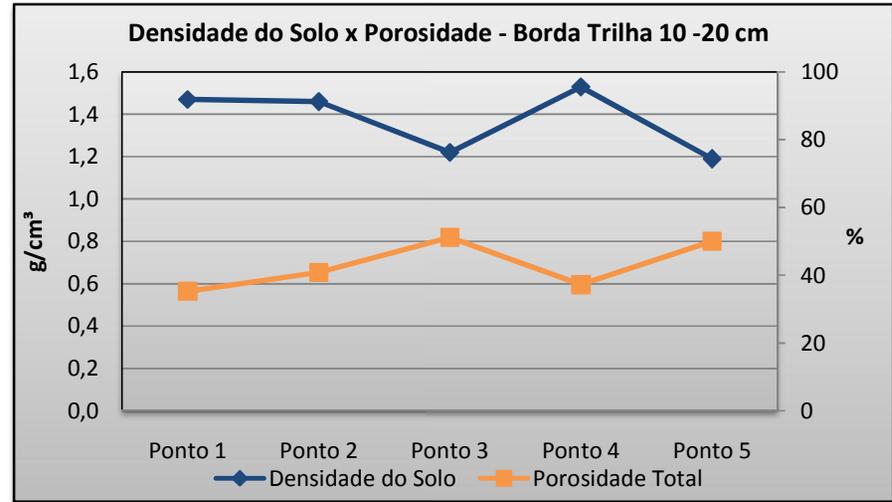
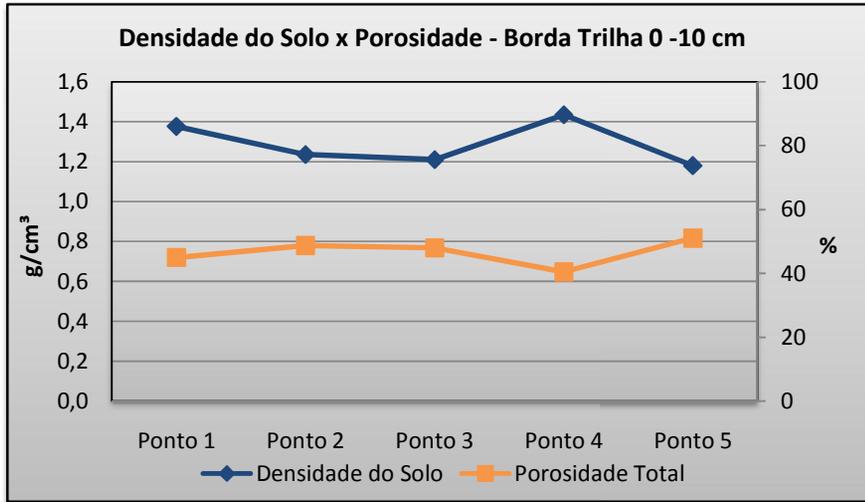
Em pesquisa no alto e médio curso da bacia hidrográfica do rio Macaé, Lima (2008) afirma que teores de silte em torno de 350 g/kg podem conferir média e alta suscetibilidade à erosão, quando combinados com significativos teores de areia fina (superiores a 100 g/kg). Seguindo o que foi proposto por Loureiro (2013), foi elaborada uma coluna nas tabelas 1 e 2 com o somatório dos teores de areia fina e silte, tendo em vista que são as duas frações do solo de mais fácil remoção e transporte (MORGAN, 2005 e GUERRA, 2010), cujos valores variam de 382 a 607 g/kg, na borda da trilha, e de 188 a 539 g/kg no leito da trilha.

Verifica-se, portanto, que a área de borda da trilha apresenta maiores teores de silte + areia fina, porém, a presença da vegetação pode estar impedindo a ocorrência de processos erosivos, já que com a cobertura vegetal há diminuição do efeito *splash* e a interceptação da gota da chuva diminui o escoamento superficial.

Já no leito da trilha, como não há presença de vegetação, o impacto da gota da chuva ocorre diretamente no solo favorecendo o escoamento superficial. Logo, este fato pode provocar a remoção dessas partículas menores, favorecendo assim, a erosão.

Analisando a densidade e a porosidade do solo, verifica-se, como era esperado, que o leito da trilha possui solo mais denso na maioria dos pontos nas duas profundidades (0–10 cm e 10-20 cm). Sendo assim, o solo na borda da trilha mostra-se mais poroso do que no leito. Os valores de densidade e porosidade, tanto para borda quanto para o leito da trilha, estão expressos nos gráficos abaixo (Gráficos 1 a 4).

Gráficos 1 a 4: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).



Conforme foi dito anteriormente, 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 do leito e da borda da trilha.

Constata-se que os valores encontrados no leito variam de 1,36 g/cm³ (ponto 3 na profundidade de 0-10 cm) a 1,76 g/cm³ (ponto 2 na profundidade de 10-20 cm). Este último é considerado bastante elevado, tendo assim, porosidade muito baixa, aproximadamente 36%, implicando na diminuição da aeração e da percolação de água no solo, indicando sobreuso do ponto em questão.

Já os valores de densidade na borda da trilha variam de 1,18 g/cm³ (ponto 5 na profundidade de 0-10 cm) a 1,53 g/cm³ (ponto 4 na profundidade de 10-20 cm). Este valor de 1,18 g/cm³, confirma a textura argilosa do solo apresentada na tabela 1 (página 81), além disso, reflete a boa porosidade do solo (aproximadamente 51%).

No leito da trilha no ponto 2 (profundidade de 10-20 cm) é possível observar um valor extremo (29,60%), segundo Grohmann (1975). O autor destaca que porosidade total varia entre 40% e 60%, mas pode chegar a valores extremos correspondentes a 30% e 80%.

Ao analisar características do solo e da paisagem pelo grau de suscetibilidade à erosão, na bacia hidrográfica do rio Macaé, Lima (2008) assumiu que percentuais de porosidade total acima de 45% são de baixa suscetibilidade, entre 35% e 45% são de média suscetibilidade, e menores que 35% representam alta suscetibilidade à erosão.

Utilizando os intervalos propostos por Lima (2008), conclui-se que os pontos dois e cinco, no leito da trilha, possuem alta suscetibilidade à erosão nas duas profundidades analisadas. Já os outros pontos, tanto no leito quanto na borda da trilha, são de média suscetibilidade à erosão.

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.

Analisando os gráficos 1 a 4, pode-se constatar que o ponto 4 apresentou tendência contrária a esperada, isto é, os valores de densidade na borda são maiores do que no leito, e os de porosidade seguem tendência inversa.

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.

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 média da densidade de partículas das amostras da borda da trilha foi de 2,41 g/cm³, já a média do leito da trilha foi de 2,40 g/cm³. Estas médias coincidem com a média de 2,4 g/cm³ encontrada por Monsueto *et al.* (2010) em seis amostras no alto curso da Bacia do Paquequer. O valor encontrado também está de acordo com os tipos de solo da região, isto é, solos minerais, em que a média da densidade de partículas fica entre 2,3 e 2,9 g/cm³.

A avaliação da Tabela 3 demonstra uma tendência de valores de densidade de partículas mais elevados no leito das trilhas do que na área de borda, com exceção do ponto cinco nas duas profundidades, e no ponto 1 na profundidade de 0-10 cm.

Esses valores elevados de densidade no leito da trilha indicam uma maior compactação do solo nesses pontos, evidenciando que é necessário realizar um monitoramento das condições da trilha no futuro, para observar se haverá aumento da compactação e diminuição da porosidade.

Tabela 3: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

DENSIDADE DE PARTÍCULAS NA TRILHA LARANJEIRAS – PRAIA DO SONO		
(g/cm³)		
0 - 10 cm	Leito da Trilha	Borda da Trilha
Ponto 1	2,44	2,50
Ponto 2	2,47	2,41
Ponto 3	2,47	2,33
Ponto 4	2,44	2,41
Ponto 5	2,08	2,41
10 - 20 cm		
Ponto 1	2,38	2,27
Ponto 2	2,50	2,47
Ponto 3	2,50	2,50
Ponto 4	2,47	2,44
Ponto 5	2,27	2,38

Os valores mais elevados do leito da trilha estão associados a solos mais minerais, é possível relacionar esses valores as perdas de matéria orgânica no leito da trilha como consequência do pisoteio humano e da erosão. Os valores da borda da trilha estão muito próximos aos valores do leito e muito distantes dos valores de solos orgânicos (1,89 g/cm³), demonstrando, mais uma vez, que a borda também pode estar sofrendo impactos com a utilização das trilhas.

Para apresentar os resultados relacionados à estabilidade dos agregados em água, foram elaboradas duas tabelas, uma com os valores na profundidade de 0-10 cm e outra com os valores na profundidade de 10-20 cm (Tabela 4 e 5). Além disso, para melhor análise, foram elaborados quatro gráficos com os valores de macro e micro agregados do solo tanto para a área do leito, quanto para a borda da trilha (Gráficos 5 a 8).

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.

Analisando a estabilidade de agregados na profundidade de 0-10 cm (Tabela 4), verifica-se que os valores do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e consequentemente, do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), foram maiores na borda da trilha. Através do

teste estatístico de *Kruskal-Wallis* que foi realizado, foi possível inferir que o pisoteio no leito da trilha está afetando significativamente os pontos: 1, 2 e 5, com relação ao DMP, e os pontos: 1, 3, 4 e 5, com relação ao 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 pisoteio e influência na diferença entre os índices de agregação e na quebra dos agregados do solo do leito.

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. 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.

Bronick e Lal (2005) afirmam que além de aspectos como manejo e clima, a agregação também está associada à textura do solo, e isto foi verificado na presente pesquisa. Por exemplo, o ponto 4 apresentou textura franco-arenosa (Tabela 2 – página 82) que é reconhecidamente uma das classes texturais de maior propensão à erosão (FULLEN e CATT, 2004; LIMA, 2008; e SMETS *et al.*, 2011), sendo assim, o baixo teor de argila, pode estar influenciando na não formação de agregados maiores.

Além dos menores valores de DMP (1,43 mm) e DMG (1,19 mm), o ponto 4 apresentou os menores valores de IEA (79,54%) e de agregados > 2 mm (40,18%) no leito da trilha na profundidade de 0-10 cm, demonstrando, ser o ponto mais degradado. Em contrapartida, o ponto 5, está sofrendo 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 na superfície do solo, tendem a desaparecer e dispersar-se sob o impacto das gotas de chuva (ASSIS e BAHIA, 1998).

Tabela 4: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono na profundidade de 0-10 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA LARANJEIRAS - PRAIA DO SONO NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM										
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,78 (0,12)	2,42 (0,29)*	1,87 (0,40)	2,6 (0,11)*	2,46 (0,16)	2,73 (0,16)	1,43 (0,12)	2,17 (0,70)	2,53 (0,06)	2,85 (0,03)*
DMG (mm)	1,2 (0,10)	1,95 (0,42)*	1,32 (0,48)	2,18 (0,29)	1,92 (0,35)	2,5 (0,26)*	1,19 (0,11)	2,24 (0,21)*	2,1 (0,09)	2,68 (0,05)*
IEA (%)	88,76 (0,87)	94,72 (2,82)*	89,6 (4,79)	94,89 (3,46)	92,82 (4,50)	98,38 (1,12)*	79,54 (10,73)	96,49 (1,77)*	95,49 (1,44)	98,41 (0,42)*
Agregados > 2 mm (%)	41,13 (5,48)	72,44 (13,83)*	47,71 (16,62)	81,39 (4,37)*	76,01 (5,80)	86,5 (7,74)	40,18 (19,34)	80,82 (4,68)*	77,92 (4,31)	92,79 (1,93)*

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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 aos pontos diferentes, 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.

Tabela 5: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Laranjeiras – Praia do Sono na profundidade de 10-20 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA LARANJEIRAS - PRAIA DO SONO NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM										
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,87 (0,22)	1,34 (0,07)* ^A	2,42 (0,10)	1,96 (0,26)*	2,22 (0,32)	2,28 (0,12)	1,86 (0,06)	1,88 (0,02)	2,5 (0,14)	2,71 (0,06)* ^A
DMG (mm)	1,17 (0,10)	0,86 (0,03)* ^A	1,97 (0,14)	1,41 (0,23)*	1,72 (0,39)	1,79 (0,14)	1,09 (0,02)	1,26 (0,19)	2,11 (0,19)	2,37 (0,12)* ^A
IEA (%)	85,59 (2,64)	85,43 (1,73)	93,63 (2,74)	91,96 (2,57)	93,71 (3,36)	94,67 (0,49)	59,34 (6,87)	89,3 (7,23)*	96,25 (0,80)	96,39 (0,76)
Agregados > 2 mm (%)	50,09 (9,86)	24,18 (4,17)* ^A	72,08 (5,03)	50,74 (13,14)*	61,97 (15,64)	65,11 (5,86)	19,49 (8,77)	48,24 (3,22)*	74,78 (7,55)	86,58 (2,87)* ^A

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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 aos pontos diferentes, 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.

Com relação à profundidade de 10-20 cm (Tabela 5), observa-se que os pontos 1, 2 e 5, diferiram significativamente, entre o leito e a borda da trilha, para os valores de DMP e DMG. Já para o IEA, o único ponto que obteve diferença significativa entre a área de borda e do leito, foi o ponto 4. Estes valores seguiram tendência semelhante aos valores encontrados na profundidade de 0-10 cm.

Sendo assim, verifica-se que as áreas de convergência de fluxo (pontos 1, 2) e o ponto 5 onde o tamanho da área pisoteada é pequeno (aproximadamente 1,03 metros), estão sofrendo com a ruptura dos agregados do solo no leito da trilha.

Apesar disso, ao comparar todos os pontos, o ponto 5 apresentou, mais uma vez, os melhores índices de agregação para a profundidade de 10-20 cm. Ademais, o quinto ponto, diferiu significativamente do primeiro ponto, na borda da trilha, tanto para o DMP e DMG, quanto para os valores de agregados > 2 mm. Assim é possível concluir que a borda da trilha, no ponto 1, está bastante degradada.

O ponto 4 também seguiu o mesmo padrão observado na profundidade de 0-10 cm para o leito da trilha, apresentou os menores valores para todos os índices de agregação. Isto deve estar ocorrendo porque ele está inserido em uma área côncava, o que direciona os fluxos de água para o leito da trilha, provocando maior impacto nos agregados do solo.

Além de avaliar os índices de agregação, é importante analisar a porcentagem de macro e micro agregados, que também refletem a qualidade do solo. Os microagregados do solo segundo Denef *et al.* (2001b) são compostos por agregados de diâmetro inferior a 0,25 mm. Quando os macroagregados do solo estão pouco estáveis, isto é, quando os agentes cimentantes - argila e matéria orgânica – não conseguem unir as partículas de solo, pode haver desagregação e formação de microagregados.

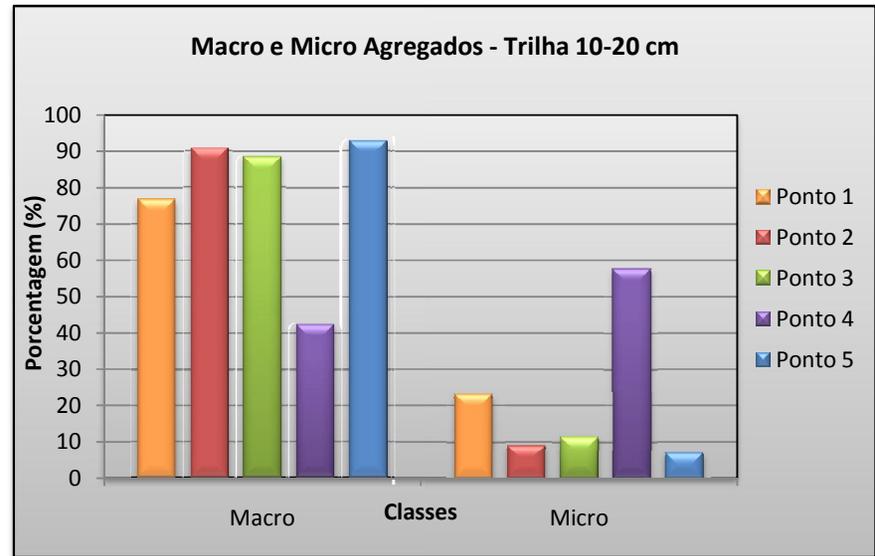
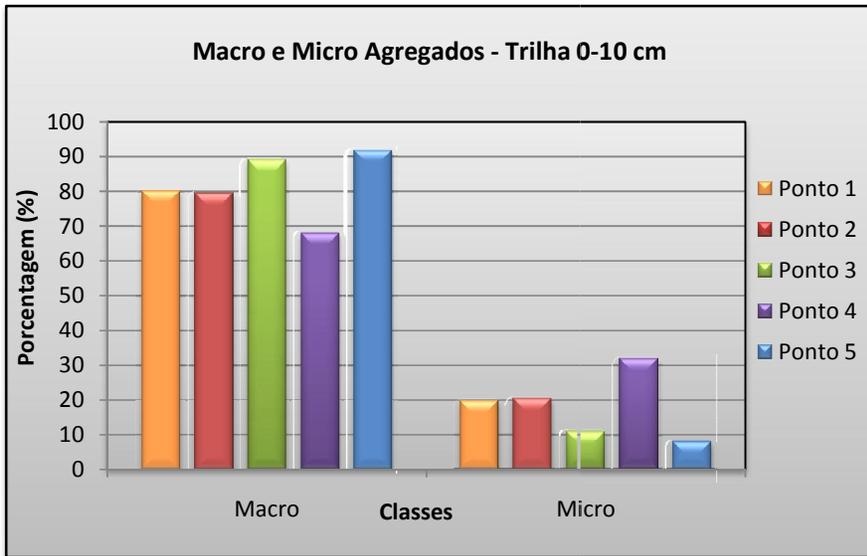
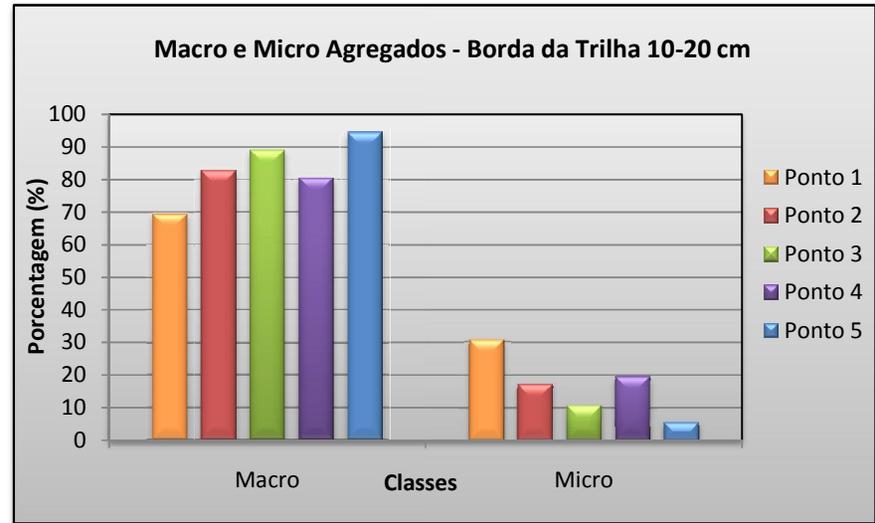
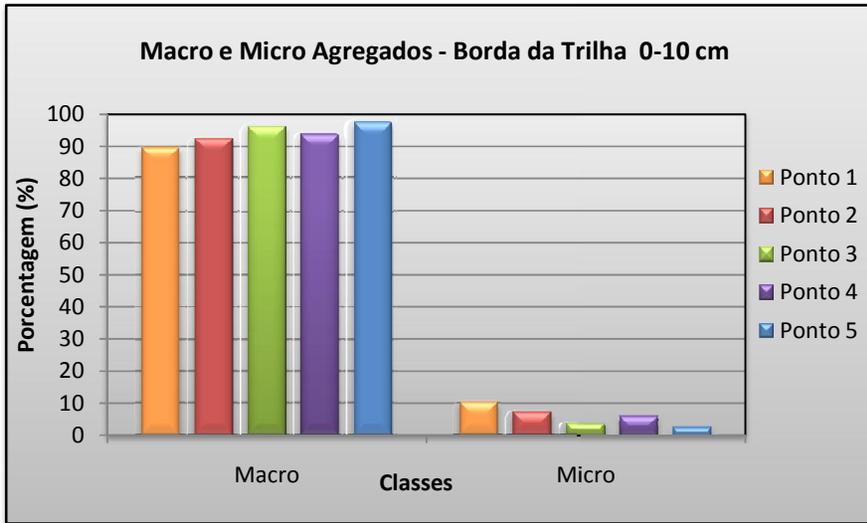
Os valores de macro e micro agregados do solo apresentados nos gráficos 5 a 8 corroboram os resultados negativos apresentados no ponto 4 para a área do leito da trilha. Na profundidade de 0-10 cm a porcentagem de microagregados é de aproximadamente 32%, e na profundidade de 10-20 cm o valor chega a quase 58%, comprovando a intensa quebra dos macroagregados do solo.

Segundo Tisdall e Oades (1982), a grande quantidade de microagregados evidencia a quebra pelo rápido umedecimento do solo. Logo, em eventos chuvosos, a ação da gota da chuva no solo tende a aumentar os processos erosivos, diminuindo as propriedades químicas e físicas do mesmo.

Já na área de borda da trilha, o ponto que apresentou maior quantidade de microagregados foi o primeiro ponto de coleta, na profundidade de 0-10 cm, a porcentagem não foi tão significativa, apenas 10%, já na profundidade de 10-20 cm, a porcentagem de microagregados foi de aproximadamente 31%, evidenciando má estruturação do solo.

Diversos autores destacam que quando o pisoteio é frequente o solo sofre compactação, o que provoca a selagem do mesmo, aumenta sua susceptibilidade à erosão e influencia na perda de matéria orgânica, favorecendo a formação de microagregados (FULLEN e CATT, 2004; GUERRA e MENDONÇA, 2004; GYSSELS *et al.*, 2005; GUERRA, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2013;).

Gráficos 5 a 8: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Laranjeiras – Praia do Sono.



Com relação à matéria orgânica (MO) do solo, foram elaboradas duas tabelas que expressam os valores obtidos através do processo de queima na mufla e através do processo de oxidação por dicromato. A porcentagem de MO nos macroagregados é apresentada na tabela 6 e nos microagregados é apresentada na tabela 7. Como foi dito anteriormente, enquanto um processo superestima o teor de matéria orgânica, o outro subestima, portanto, foi feita uma média entre os teores obtidos nos dois processos.

Valores inferiores a 3,5% de matéria orgânica significam instabilidade e maior suscetibilidade erosiva (FULLEN e CATT, 2004 e MORGAN, 2005). Isto ocorreu no leito da trilha em quase todos os pontos, com exceção do teor nos macroagregados do ponto 2 na profundidade de 0-10 cm (4,45%).

Os teores de matéria orgânica 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 intensamente o tamanho dos agregados estáveis em água.

Logo, destaca-se que o ponto 4 apresentou os menores teores de matéria orgânica no leito da trilha, tanto nos macro quanto nos microagregados, é importante ressaltar que o ponto 4 apresentou grande quantidade de microagregados (Gráfico 7 e 8 - página 92). Deneff *et al.* (2001b) 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 matéria orgânica, 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 através da incorporação de vegetação e do *input* de matéria orgânica ao solo, a formação de macroagregados ocorre com maior frequência.

Tabela 6: 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MACROAGREGADOS NA TRILHA LARANJEIRAS- PRAIA DO SONO							
	Profundidade	% M.O. Macroagregados (Mufla)		% M.O. Macroagregados (Dicromato)		Média	
		Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	3,76	6,75	0,25	1,67	2,01	4,21
	10-20 cm	3,86	6,98	0,25	0,78	2,06	3,88
Ponto 2	0-10 cm	7,54	8,36	1,35	2,96	4,45	5,66
	10-20 cm	3,66	4,89	0,4	2,83	2,03	3,86
Ponto 3	0-10 cm	4,53	6,21	2,21	4,03	3,37	5,12
	10-20 cm	5,65	6,93	1,32	0,62	3,49	3,78
Ponto 4	0-10 cm	2,85	4,01	0,67	5,03	1,76	4,52
	10-20 cm	2,97	4,13	0,38	1,32	1,68	2,73
Ponto 5	0-10 cm	4,93	5,89	1,31	2,57	3,12	4,23
	10-20 cm	4,84	5,67	0,87	1,47	2,86	3,57

Tabela 7: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MICROAGREGADOS NA TRILHA LARANJEIRAS- PRAIA DO SONO							
	Profundidade	% M.O. Microagregados (Mufla)		% M.O. Microagregados (Dicromato)		Média	
		Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	3,23	5,36	0,32	1,55	1,78	3,45
	10-20 cm	3,37	6,33	0,95	0,72	2,16	3,52
Ponto 2	0-10 cm	5,94	6,58	0,75	1,58	3,34	4,08
	10-20 cm	2,72	6,01	0,22	1,73	1,47	3,87
Ponto 3	0-10 cm	3,55	4,37	2,72	0,71	3,13	2,54
	10-20 cm	4,67	5,77	0,60	0,76	2,64	3,26
Ponto 4	0-10 cm	1,78	3,38	0,86	3,02	1,32	3,20
	10-20 cm	1,93	3,52	0,19	1,28	1,06	2,40
Ponto 5	0-10 cm	2,69	3,79	1,37	2,01	2,03	2,90
	10-20 cm	2,45	3,67	0,90	1,68	1,68	2,67

Verifica-se, portanto, que a trilha Laranjeiras – Praia do Sono está sofrendo com diversos impactos devido a sua utilização. A presença constante de feições erosivas no seu leito, a compactação do solo em diversos pontos (como o segundo ponto de coleta) e a baixa estabilidade de agregados (observada no quarto ponto de coleta), evidenciam a necessidade de recuperação de alguns trechos da trilha. Portanto, a recuperação pode ser feita a partir de métodos definidos pelo gestor.

5.2. Trilha Praia do Sono – Praia de Antigos

Na praia do Sono moram aproximadamente 54 famílias (ICMBIO, 2004) e a pesca e o turismo são as principais atividades da área. Conforme explicitado anteriormente os moradores alugam casas em épocas de veraneio, alguns utilizam seus barcos para transporte de turistas e outros possuem restaurantes na praia. Essa praia fica localizada inteiramente na Reserva Ecológica da Juatinga que tem como principal objetivo promover o fomento da cultura caiçara residente, compatibilizando seu modo de vida e a utilização dos recursos naturais com a conservação ambiental.

A trilha que se inicia na praia do Sono e vai até a praia de Antigos é utilizada por praticantes de ecoturismo e por turistas que desejam chegar à praia de Antigos, uma praia deserta, onde o camping é proibido pela administração da REJ, devido ao acúmulo de lixo que não era retirado pelos campistas. A área não possui controle de visitantes, logo, não há levantamento do número de usuários, mas sabe-se que na época de verão, entre dezembro e março, o fluxo de turistas aumenta intensificando a utilização das trilhas.

A trilha possui extensão de aproximadamente 600 metros, e encontra-se em uma encosta com declividade de aproximadamente 40°, 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 (Figura 39)



Figura 39: Encosta onde está localizada a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, e destacado em azul o córrego do Sono que recebe sedimentos da trilha quando chove. Em detalhe, feição erosiva significativa ao longo da trilha. Acervo L. A. Rangel, 2012.

5.2.1. Análise das Feições Erosivas

A trilha tem início próximo a um córrego onde é possível observar diversos blocos rochosos, que formam um nível de base. A presença desses blocos rochosos significa um passado de alta energia no córrego do Sono, onde foi possível transportar blocos de diferentes tamanhos que foram depositados na praia.

A vegetação inicial é mais desenvolvida e a trilha mais estreita, mas após 30 metros ela se alarga e a vegetação se torna mais arbustiva. A partir desse ponto, até o alto da encosta, a trilha apresenta raízes e blocos rochosos expostos, e diversas feições erosivas muito desenvolvidas.

A declividade da encosta, a presença de solos rasos e o tipo de vegetação são determinantes para a concentração do escoamento superficial, e, portanto, pela presença das feições erosivas. Para uma análise mais eficiente, foi elaborado um mapa com as feições erosivas e os pontos de coleta presentes ao longo da trilha (Figura 40).

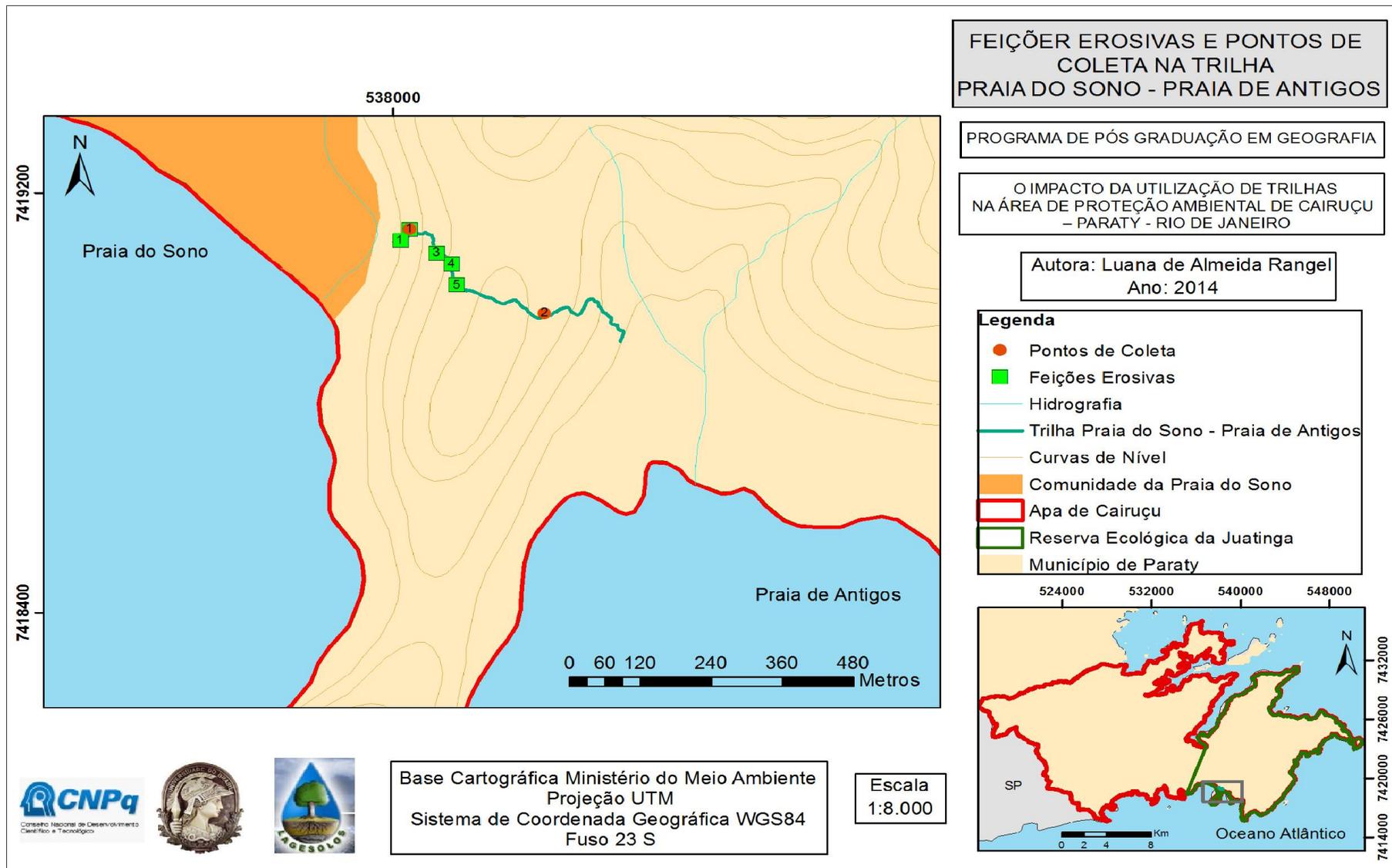


Figura 40: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos. Elaboração própria, 2014.

Percebe-se que as feições erosivas estão concentradas na vertente da encosta direcionada para a praia do Sono, isto ocorre, conforme foi dito anteriormente, devido à orientação da encosta (NE-SO), insolação, direção do vento, presença de solos rasos e de vegetação arbustiva.

Vista da praia do Sono, a trilha parece ser uma ravina, portanto, devido o elevado grau de degradação da trilha, o mapeamento das feições erosivas apresentou algumas dificuldades, como a sobreposição de feições, já que os primeiros 250 metros estão com diversas erosões.

A primeira feição erosiva mapeada é logo no início da trilha, onde é possível observar a formação de um canal de escoamento de água, com acúmulo de água no leito da trilha e a presença de diversos blocos rochosos, que provavelmente foram transportados pela encosta (Figura 41). A deposição desses blocos rochosos permite a formação de degraus que facilitam o acesso à trilha. Além disso, a presença de raízes expostas exemplifica o efeito da erosão laminar.



Figura 41: Exposição de raízes e blocos rochosos no leito da trilha evidenciando erosão laminar (destacada em laranja). Destacada, em vermelho, área com acúmulo de água. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A segunda feição erosiva mapeada coincide com o primeiro ponto de coleta. Ela está localizada em uma área de declividade elevada, aproximadamente 35°, e é possível

observar a presença de degraus, de raízes expostas que evidenciam intenso processo erosivo.

O solo no local está bastante compactado e é escorregadio, portanto, em eventos chuvosos o perigo de queda para os usuários é bastante significativo. A falta de vegetação e de matéria orgânica na trilha, juntamente com a declividade elevada favorecem o escoamento superficial concentrado, originando uma ravina na borda da trilha (Figura 42).



Figura 42: Exposição de rochas e raízes no leito da trilha. Destacada em vermelho, ravina na borda da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

A terceira feição erosiva mapeada é uma ravina profunda (aproximadamente 35 cm), representando um risco para os usuários (Figura 43). A condição degradada da trilha está relacionada ao traçado não planejado, isto é, a trilha não acompanha as curvas de nível, o seu traçado não é suave, é bastante inclinado, favorecendo a presença de áreas degradadas.

No Manual de Construção e Manutenção de Trilhas do Estado de São Paulo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2009) destaca-se que a maioria das trilhas de uso intensivo deveria ser construída com declividade média de até 15°, já as trilhas de maior dificuldade podem ser construídas com declividades aproximando-se dos 20°.

Trilhas com 30° de declividade ou mais, são difíceis de manter no curso original, sem recorrer a degraus ou superfícies artificialmente resistentes (reforçadas com pedras).

A presença de blocos rochosos ao longo da trilha evidencia que em períodos chuvosos, muitos sedimentos e pequenos blocos são transportados pela água e são depositados no leito da trilha e dentro das feições erosivas.



Figura 43: Ponto com intenso processo erosivo, onde é possível observar a compactação do solo e, em detalhe, ravina no leito e na borda da trilha. L. A. Rangel, 2012.

A quarta feição erosiva encontrada é uma ravina, que se estende pelo leito da trilha por aproximadamente 7 metros com largura de aproximadamente 20 cm. Esta ravina culmina em uma feição mais desenvolvida em processo de voçorocamento (Figura 44).

Esta feição erosiva, por estar bastante desenvolvida, possui diversos blocos rochosos no seu interior, provavelmente oriundos do alto da encosta, e que são transportados em eventos chuvosos intensos, é possível observar a cabeceira da feição indicando que a mesma ainda deve evoluir através do recuo à montante. O seu recuo pode, em longo prazo, provocar a erosão total do leito, formando uma voçoroca de grande extensão inviabilizando a utilização da trilha.

Por estar localizada no leito da trilha, a feição representa significativo risco de queda aos usuários, enquanto próximo à ravina existe risco de movimento de massa na encosta. Além disso, o leito se estreita e os usuários precisam passar próximo à borda crítica, que está sofrendo com processo de erosão e pequeno desbarrancamento.



Figura 44: (a) Ravina no leito da trilha e erosão na borda crítica destacada em vermelho. (b) Ravina bem desenvolvida com presença de blocos rochosos no seu interior e cabeceira destacada em vermelho. L. A. Rangel, 2012.

A última feição erosiva encontrada também é provocada pela concentração do fluxo de água (Figura 45) e este problema é agravado, segundo o Plano de Manejo da APA de Cairuçu (ICMBIO, 2004), pela tentativa de abertura de uma estrada no local. É possível observar uma bifurcação na trilha, que indica a tentativa de alargamento do leito, corroborando o que foi exposto pelo ICMBIO (2004).



Figura 45: Feição erosiva provocada por concentração de fluxo de água e agravada pela tentativa de abertura de uma estrada aproveitando o traçado da trilha. Ravinas destacadas em vermelho; formação de degraus destacada em amarelo; e blocos rochosos destacados em laranja. Acervo L. A. Rangel, 2012.

A presença de degraus de diferentes tamanhos, de ravinas e de ravinas no leito da trilha é bem perceptível. A inversão da declividade da trilha, através da modificação da inclinação do leito e da construção de rampas, auxiliaria a diminuir a concentração do fluxo de água. A revegetação da borda da trilha, a construção de canaletas de drenagem e a redução da largura do leito da trilha neste ponto, também ajudariam a reduzir o fluxo superficial linear.

5.2.2. Avaliação dos Impactos da Visitação

Para a trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, seguiu-se o mesmo padrão de análise da trilha Laranjeiras – Praia do Sono. Portanto, além do mapeamento das feições erosivas e das características físicas, químicas e funcionais da trilha, foram analisados os impactos de visitação, através do MIV (Graefe *et al.* 1990) e da pesquisa descritiva (Leung e Marion, 1996) visando maior precisão da avaliação dos impactos locais. Os indicadores de impacto foram observados nos pontos de coleta que são apresentados no mapa da figura 41 (página 97).

Os indicadores segundo o MIV e seus respectivos níveis de impacto estão apresentados no quadro 7. Já no quadro 8, são apresentadas as características observadas através da pesquisa descritiva, complementando a metodologia de Manejo de Impacto de Visitação.

Quadro 7: Levantamento da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos segundo o MIV.

INDICADOR	PONTOS DE COLETA	
	PONTO 1	PONTO 2
LEITO DA TRILHA		
Variação da largura		
Afundamento		
Erosão em ravinas		
Erosão laminar		
Canal de drenagem		
Superfície descoberta (Luz do sol)		
BORDA	PONTO 1	PONTO 2
Perda de borda crítica		
Desbarrancamento de encosta		
SOLO	PONTO 1	PONTO 2
Compactação		
Solo exposto (sem serapilheira)		
Rochas aflorando		
Raízes expostas		
Alagamentos		
Aclives/declives acentuados		
VEGETAÇÃO	PONTO 1	PONTO 2
Árvores caídas		
Vegetação na borda danificada		
Incêndios		
SANEAMENTO	PONTO 1	PONTO 2
Pichação		
Lixo na trilha		
RISCO PARA OS USUÁRIOS	PONTO 1	PONTO 2
De escorregar		
De cair de encosta		
Fatal		

Legenda

Não Ocorre	Ocorre	Baixa	Média	Elevada
------------	--------	-------	-------	---------

Quadro 8: Levantamento da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos segundo a pesquisa descritiva.

N° Ponto	Coordenada		Exposição de Raízes				Exposição de rochas				Acumulação de Água			
	E	N	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada
1°	538029	7419131		x						x			x	
2°	538256	7418971			x			x			x			

N° Ponto	Coordenada		Formação de Degraus			Altura do Degrau	Observações de Manejo
	E	N	Ausente	Pouco Presente	Muito Presente		
1°	538029	7419131			x	20 cm e 35 cm	
2°	538256	7418971	x				

N° Ponto	Coordenada		Largura da Trilha (m)	Limite da Área Pisoteada (m)
	E	N		
1°	538029	7419131	2,02	1,32
2°	538256	7418971	1,97	1,15

Analisando os dois quadros é possível destacar que todos os pontos estão sofrendo com a compactação e exposição do solo (ausência de serapilheira). O solo, no primeiro ponto de coleta, está sofrendo significativo impacto do uso, pois possui ravinas e é perceptível a atuação da erosão laminar, com exposição de raízes e rochas no leito da trilha. Além disso, o risco de escorregar, principalmente em eventos chuvosos, é bem alto; este fator é agravado pela declividade acentuada (aproximadamente 40°) e pela falta de estruturas de manejo (Figura 46).



Figura 46: Vista geral do primeiro ponto de coleta (esquerda) e canal preferencial de água que drena da área de borda para o leito da trilha (direita). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Já, o ponto 2, por estar localizado em ambiente mais florestado e menos declivoso, não apresenta degraus, pois, está no interflúvio, porém possui diversas raízes expostas no leito da trilha.

É possível observar um bloco rochoso de aproximadamente 1,78 metros na área de borda da trilha, evidenciando assim, um passado de alta energia, onde ocorreu o transporte de blocos rochosos de diferentes tamanhos. Ademais, o solo está compactado e quase não há presença de serapilheira no leito (Figura 47).

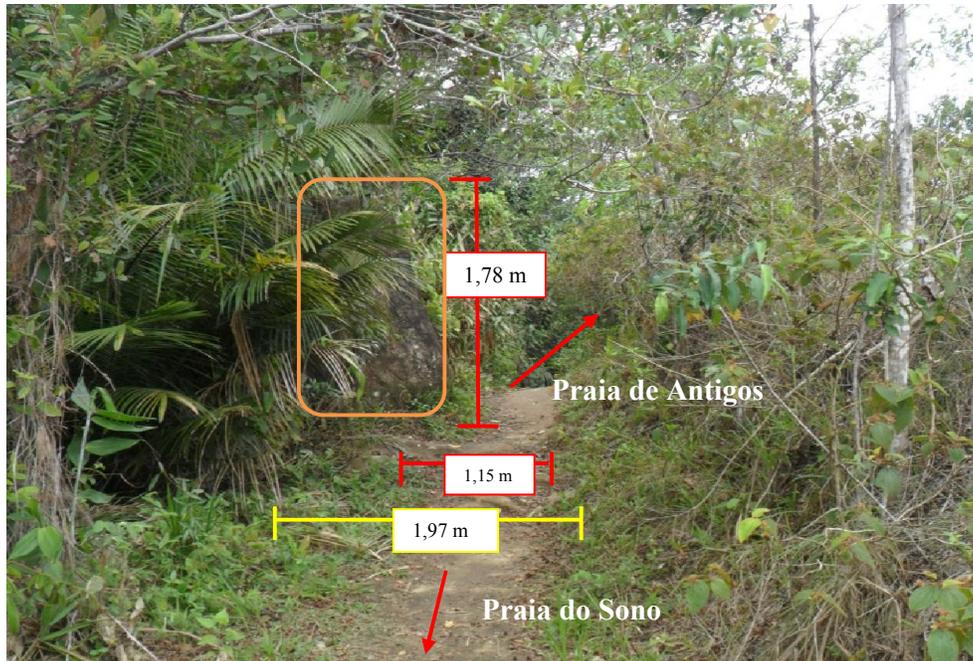


Figura 47: Visão geral do segundo ponto de coleta com a presença de raízes no leito da trilha e de bloco rochoso de tamanho significativo (destacado em laranja). Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Após a apresentação de todos os impactos observados ao longo da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, foi elaborado um quadro síntese baseado nas possíveis causas desses impactos, sugerindo, estratégias de manejo a fim de mitigar os problemas observados na trilha (Quadro 9).

Vashchenko e Biondi (2013) analisaram a percepção da erosão pelos visitantes nas trilhas do Parque Estadual do Pico Marumbi, no Paraná. Os autores concluíram que os visitantes tinham maior dificuldade em passar na trilha quando a erosão era mais intensa. Foi observado, durante os trabalhos de campo, que o mesmo ocorre na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, pois as erosões no leito da trilha estão prejudicando o acesso dos usuários.

Quadro 9: Síntese dos impactos e possíveis estratégias de manejo na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

IMPACTO	CAUSA PROVÁVEL
Largura do leito da trilha e declividade acentuada	Corte da trilha não acompanha a topografia
Erosão laminar e presença de ravinas bem desenvolvidas	Alta declividade, solo raso, não existe drenagem natural
Solo compactado	Intenso pisoteio, solo pouco coeso e influência pluvial

A trilha está muito degradada, principalmente nos primeiros 250 metros partindo da praia do Sono. O ideal, para minimizar os impactos, seria a elaboração de um novo traçado concomitantemente seria feita a interdição e recuperação do traçado atual da trilha, pelo menos até o interflúvio.

Sugere-se que a trilha deveria ter um novo traçado, mais suave acompanhando as curvas de nível. A instalação de canaletas e barreiras de drenagem, inversões de declividade e leito da trilha com caimento para fora favoreceriam o escoamento natural da água da chuva, evitando a formação de ravinas e a acumulação de água na trilha; a revegetação da borda da trilha (nos pontos com perda de borda crítica) e o acréscimo de serapilheira no leito (nos pontos com ravinas) aumentariam o *input* de matéria orgânica do solo favorecendo a infiltração; e a instalação de estruturas de manejo, como escadas, pontes e corrimãos (nos pontos com maior declive e risco de queda para os usuários) melhorariam as condições de acesso à trilha.

5.2.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados

Como foi dito anteriormente, foram coletadas amostras de solo em dois pontos (leito e borda da trilha) ao longo da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, em

diferentes altitudes, declividades e condições geomorfológicas (Figura 48). A partir dessas coletas, é possível inferir que as propriedades do solo estão sofrendo algumas alterações devido o uso intenso e sem planejamento das trilhas.

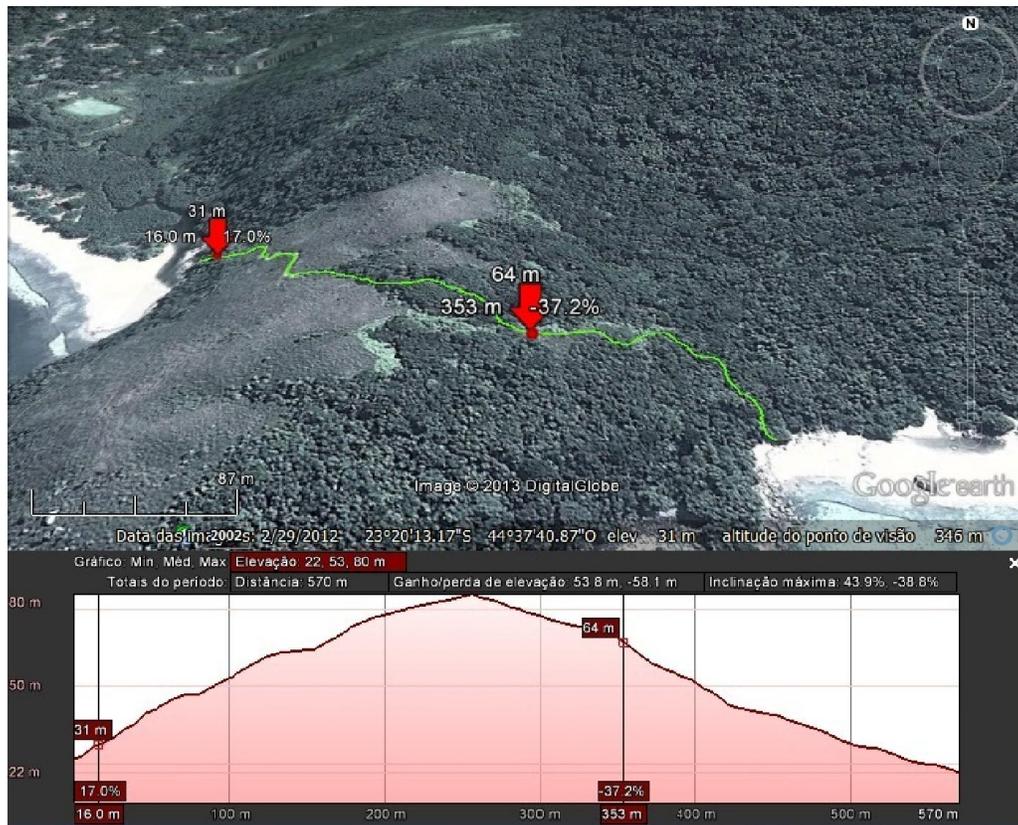


Figura 48: Perfil Topográfico da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos e altitude dos pontos de coleta. Fonte: Google Earth, 2013.

Para verificar a erodibilidade dos solos, indicando como suas características se relacionam com a paisagem encontrada e com o impacto da utilização da trilha, foram analisadas as propriedades químicas e físicas do solo. Os resultados das análises da textura, realizados através do método da pipeta, são apresentados em duas tabelas, uma referente à área de borda e a outra referente ao leito da trilha (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

GRANULOMETRIA DA BORDA DA TRILHA PRAIA DO SONO - PRAIA DE ANTIGOS							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	258	84	342	274	384	358	Franco - Argilosa
Ponto 2	424	160	584	218	198	378	Franco
10 - 20 cm							
Ponto 1	341	73	414	153	433	226	Argilosa
Ponto 2	346	111	458	294	248	406	Franco

Tabela 9: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.

GRANULOMETRIA DO LEITO DA TRILHA PRAIA DO SONO - PRAIA DE ANTIGOS							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	255	94	348	362	290	455	Franco - Argilosa
Ponto 2	370	91	461	243	296	334	Franco - Argilo - Arenosa
10 - 20 cm							
Ponto 1	334	110	444	355	202	464	Franco
Ponto 2	457	73	530	215	255	288	Franco - Argilo - Arenosa

Com relação à granulometria verifica-se que o ponto 1 apresentou tendência de maiores teores de areia e silte no leito da trilha, evidenciando a propensão a processos erosivos. Já na borda da trilha, observa-se que a concentração de argila aumenta com a profundidade, este fato pode ter relação com os processos erosivos laminares que tendem a transportar as menores partículas do topo do solo.

Outra tendência observada foi com relação à textura, enquanto na borda da trilha a textura Franca é predominante, no leito da trilha a textura que predomina é a Franco-Argilo-Arenosa. Com relação aos teores de silte + areia fina, verifica-se que os mesmos variam de 226 a 406 g/kg na borda da trilha, e de 288 a 464 g/kg no leito da trilha.

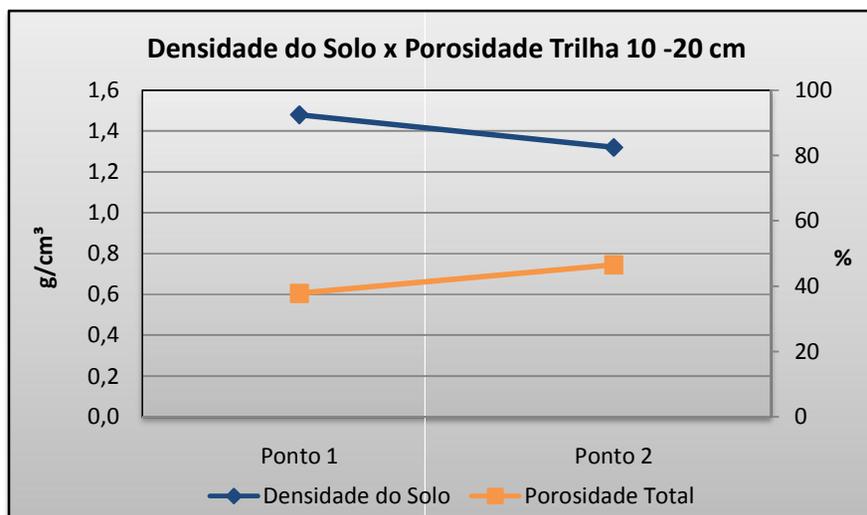
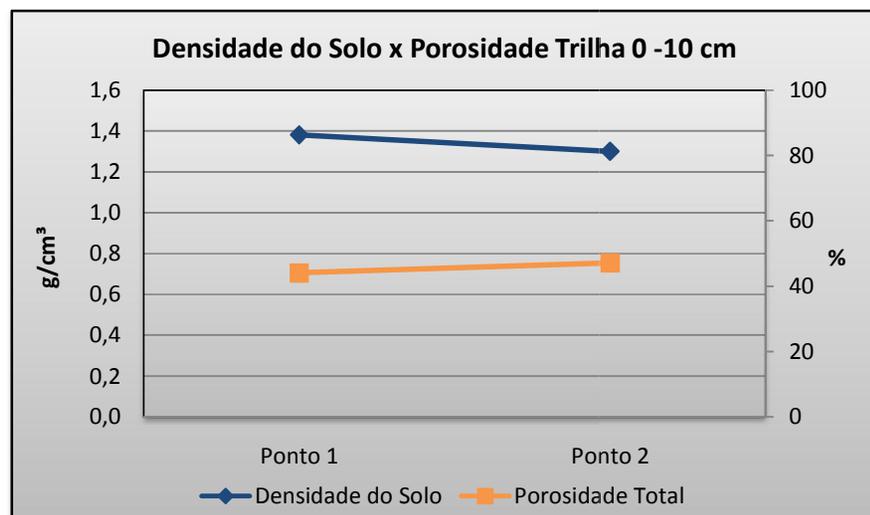
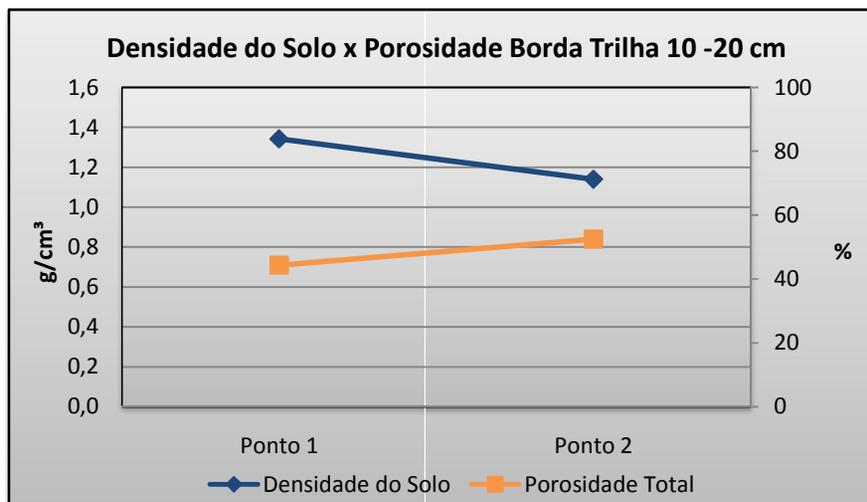
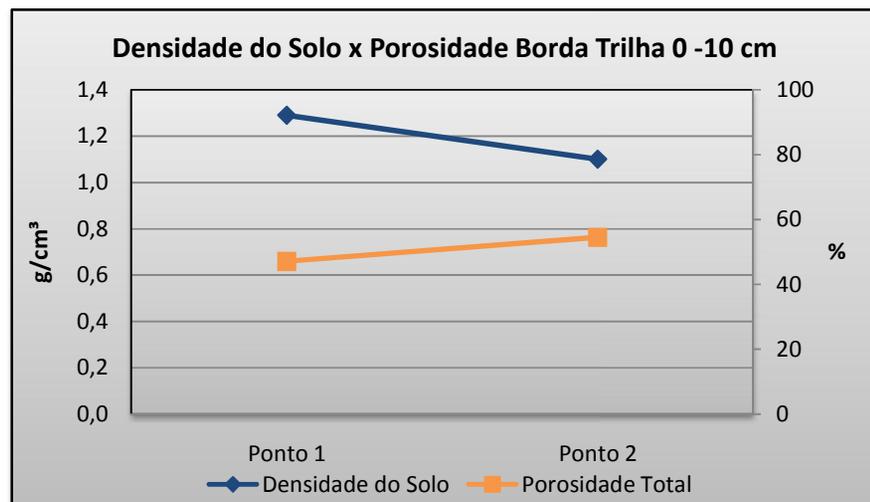
Constata-se, portanto, que o ponto 1 possui alta suscetibilidade à erosão no leito da trilha, pois, os teores de silte + areia fina são elevados nas duas profundidades (455 g/kg e 464 g/kg). Neste mesmo ponto, os teores de argila na área de borda da trilha, são elevados, tanto na profundidade de 0-10 cm quanto na profundidade de 10-20 cm (384 g/kg e 433 g/kg respectivamente).

Apesar de não apresentar nenhuma feição erosiva evidente na área de borda da trilha, o segundo ponto de coleta possui elevado teor de areia total (584 g/kg e 458 g/kg) e areia fina (160 g/kg e 111 g/kg) e nas duas profundidades. Guerra *et al.* (2010) destacam que a combinação de altos teores de areia (68,46-96,67%), altos teores de areia fina (1,10-10,50%), baixos teores de silte (1,05-23,04%), baixos teores de argila (5,00-26,98%) e baixos teores de matéria orgânica (<1%), indicam alta erodibilidade. Portanto, a vegetação pode estar colaborando para impedir a ocorrência de processos erosivos através da interceptação da gota de chuva.

No leito da trilha, como não há presença de vegetação, o impacto da gota da chuva ocorre diretamente no solo favorecendo o escoamento superficial, a remoção de partículas menores e o surgimento de feições erosivas, que podem ser observadas no primeiro ponto de coleta. Como no segundo ponto a vegetação é mais desenvolvida e a declividade é quase nula, o leito da trilha não apresenta ravinas ou ravinas.

Analisando a densidade e a porosidade do solo, verifica-se que o leito da trilha possui solo mais denso nos dois pontos nas duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm). Sendo assim, o solo na borda da trilha mostra-se mais poroso do que no leito. Os valores de densidade e porosidade, tanto para borda quanto para o leito da trilha, estão expressos nos gráficos 9 a 12.

Gráficos 9 a 12: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Praia do Sono-Praia de Antigos, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).



Constata-se que os valores de densidade aparente do leito variam de 1,30 g/cm³ (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm) a 1,48 g/cm³ (ponto 1 na profundidade de 10-20 cm). Esses valores não são muito elevados, evidenciando que o solo não está muito compactado. Já os valores de densidade na borda da trilha variam de 1,10 g/cm³ (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm) a 1,34 g/cm³ (ponto 1 na profundidade de 0-10 cm).

Todos os percentuais de porosidade encontrados, com exceção da borda da trilha no ponto 1 (profundidade de 0-10 cm), podem ser considerados de baixa suscetibilidade à erosão (entre 35 e 45%) segundo o que foi proposto por Lima (2008) no estudo feito na bacia hidrográfica do rio Macaé.

Analisando os gráficos 9 a 12, 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, verifica-se, mais uma vez, uma tendência de aumento da densidade do solo com o aumento da profundidade.

Os resultados obtidos estão em acordo com os dados apresentados por Vashchenko (2006), Maganhotto *et al.* (2010), Saraiva (2011) e Oliveira *et al.* (2013), que também encontraram valores de densidade aparente maiores no leito das trilhas em relação à área de borda.

A média da densidade de partículas das amostras da borda da trilha foi de 2,42 g/cm³, já a média do leito da trilha foi de 2,45 g/cm³, logo, o valor encontrado está de acordo com solos minerais, em que a média da densidade de partículas fica entre 2,3 e 2,9 g/cm³.

A avaliação da Tabela 10 demonstra uma tendência de valores de densidade de partículas mais elevados no leito da trilha do que na área de borda, com exceção do ponto 1 na profundidade de 10-20 cm. Isto ocorre pela incorporação de matéria orgânica na borda da trilha, que aumenta os teores de partículas orgânicas no solo, diminuindo, assim o teor da densidade de partículas minerais.

Tabela 10: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

DENSIDADE DE PARTÍCULAS NA TRILHA PRAIA DO SONO – PRAIA DE ANTIGOS (g/cm ³)		
0 - 10 cm	Trilha	Borda da Trilha
Ponto 1	2,47	2,44
Ponto 2	2,46	2,42
10 - 20 cm		
Ponto 1	2,38	2,41
Ponto 2	2,47	2,40

Os valores de densidade de partícula da borda da trilha estão muito próximos aos valores do leito e muito distantes dos valores de solos orgânicos (1,89 g/cm³), demonstrando, mais uma vez, que a borda também pode estar sofrendo impactos com a utilização das trilhas.

Considerando que os agregados presentes no solo possuem grande importância para a conservação do mesmo, por conferirem maior resistência ao processo erosivo, proteção à matéria orgânica e, conseqüentemente, à população microbiana (FERREIRA *et. al.*, 2010), os resultados da estabilidade dos agregados em água, no leito e na borda da trilha, são apresentados nas tabelas 11 e 12 e nos gráficos 5 a 8.

Tabela 11: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos na profundidade de 0-10 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA PRAIA DO SONO – PRAIA DE ANTIGOS NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM				
	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	0,73 (0,10)	2,42 (0,29)*	1,92 (0,11) ^A	2,16 (0,72)
DMG (mm)	0,37 (0,04)	1,74 (0,19)*	1,17 (0,12) ^A	2,22 (0,20)*
IEA (%)	63,86 (1,99)	93,94 (1,44)*	78,53 (9,93)	95,47 (1,79)*
Agregados > 2 mm (%)	8,39 (2,42)	65,33 (6,17)*	42,28 (20,74) ^A	82,38(7,68)*

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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.

Tabela 12: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos na profundidade de 10-20 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA PRAIA DO SONO – PRAIA DE ANTIGOS NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM				
	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,32 (0,27)	1,34 (0,07)	1,88 (0,06)	1,87 (0,02)
DMG (mm)	0,67 (0,22)	0,66 (0,14)	1,08 (0,02) ^A	1,23 (0,19) ^A
IEA (%)	73,25 (8,92)	77,96 (5,39)	58,54 (5,87)	90,3 (8,24) ^{*A}
Agregados > 2 mm (%)	29,41 (9,53)	20,51 (4,77)	30,49 (10,77)	49,24 (4,22) ^{*A}

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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.

Analisando a estabilidade de agregados na profundidade de 0-10 cm (Tabela 11), 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 e 0,67 mm, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm no leito da trilha) 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 dependendo do manejo são bons condutores de água e ar.

O DMP na profundidade de 0-10 cm no leito da trilha do ponto 1, 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 na profundidade de 0-10 cm do ponto 1 são corroborados pela porcentagem de agregados maiores que 2 mm (8,39%). Este valor é muito baixo e evidencia que os agregados do solo estão sofrendo rápida quebra pela ação da água, logo, o solo está sofrendo com a falta de incorporação de matéria orgânica, um dos responsáveis pela cimentação dos agregados do solo.

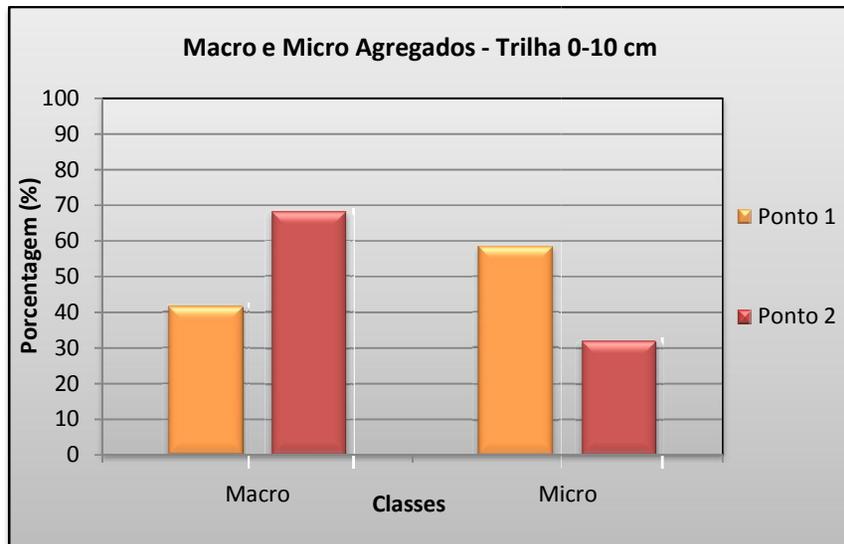
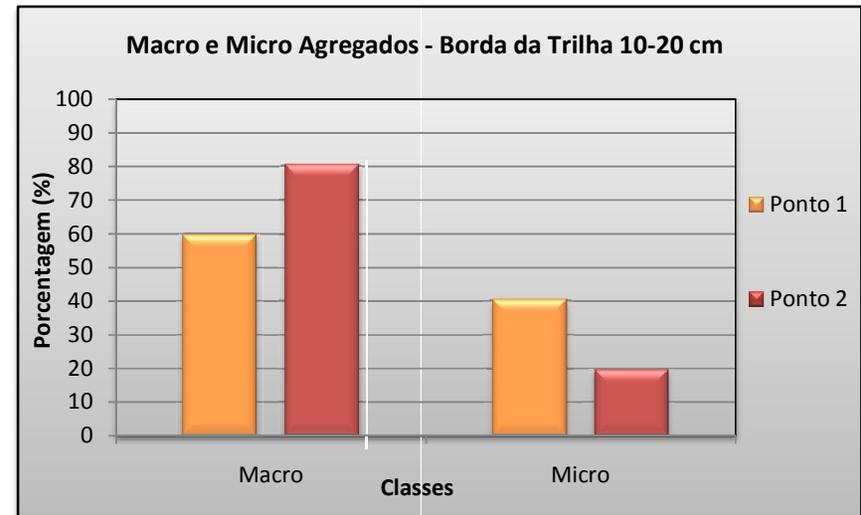
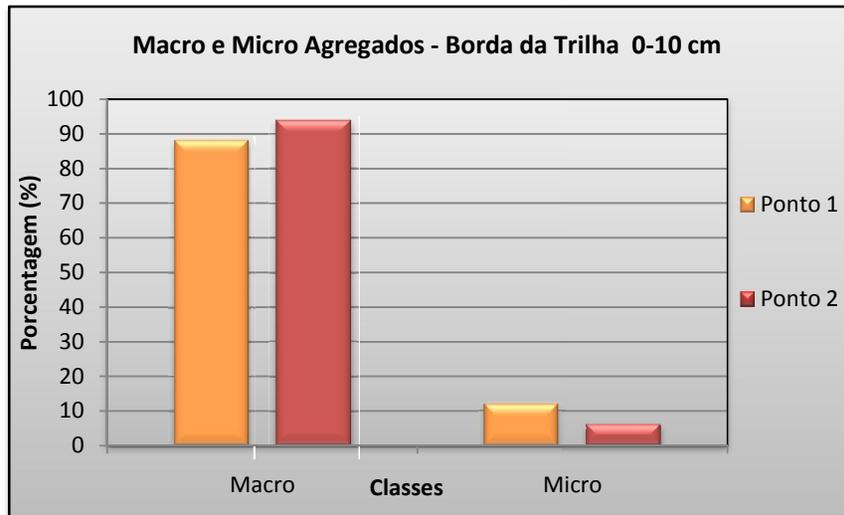
O ponto 2 mostra-se menos degradado, tanto na área do leito, quanto na área de borda da trilha, nas duas profundidades, isto pode estar relacionado com a declividade, que é maior no ponto 1 e com a presença de vegetação arbórea no ponto 2, que diminui o efeito *splash* no leito da trilha.

Com relação à profundidade de 10-20 cm, o IEA e a porcentagem de agregados maiores que dois, diferiram estatisticamente entre o leito e a borda da trilha no ponto 2. Além disso, ao comparar os dois pontos, verifica-se que eles diferem significativamente para o DMG, IEA e agregados maiores que 2 mm na área de borda da trilha e o DMG, no leito da trilha, também diferiu estatisticamente entre o ponto 1 e o ponto 2.

A estabilidade dos agregados na camada superficial de solo (0-10) está diretamente relacionada com a ocorrência do escoamento superficial e com a erodibilidade do solo (LE BISSONNAIS *et al.*, 2007 e FATTET *et al.*, 2011), sendo assim, ao analisarmos o IEA, o leito da trilha mostra-se mais instável nos dois pontos de coleta.

Através da análise da distribuição de macro e microagregados do solo é possível ratificar o que foi exposto acima, isto é, que a trilha está sofrendo com o intenso pisoteio e com o impacto da gota de chuva (Gráficos 13 a 16).

Gráficos 13 a 16: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos.



A análise da porcentagem de macro e micro agregados do solo corrobora que o leito da trilha na profundidade de 0-10 cm no ponto 1 está sofrendo com a quebra dos macroagregados do solo, isto é, os macroagregados do solo estão pouco instáveis (Gráficos 13 a 16).

No primeiro ponto de coleta na profundidade de 0-10 cm a porcentagem de microagregados é de aproximadamente 58% e a de macroagregados é de 42%, evidenciando a instabilidade dos macroagregados do solo segundo estudos de Degens, (1997) e MARQUEZ *et al.* (2004). Já na profundidade de 10-20 cm a porcentagem de macroagregados do solo é maior, atingindo aproximadamente 62%.

Como foi dito anteriormente, a elevada porcentagem de microagregados demonstra a quebra pelo rápido umedecimento do solo. Logo, em eventos chuvosos, a ação da gota da chuva no solo tende a aumentar os processos erosivos, impactando nas propriedades químicas e físicas do mesmo.

Na borda da trilha a porcentagem de macroagregados do solo se mostrou satisfatória para os dois pontos nas duas profundidades, porém, no primeiro ponto a taxa de microagregados é de 40%, o que pode influenciar na ocorrência de processos erosivos (MARQUEZ *et al.*, 2004).

Salton *et al.* (2008) destaca que agregados estáveis são importantes para proporcionar boa estrutura do solo, provendo o interior deste com espaços porosos para desenvolvimento das raízes, da fauna do solo e circulação de ar e água. Madari (2004) enfatiza que, a estabilidade dos agregados se torna muito importante para a germinação de sementes, expansão do sistema radicular no perfil do solo e na redução dos processos erosivos.

Sendo assim, o leito da trilha no ponto 1 apresentou valores de agregação inferiores aos considerados aceitáveis (DMP e DMG > 1 mm) por diversos autores (CASTRO FILHO *et al.*, 1998; FATTET *et al.*, 2011; FILHO *et al.*, 2012).

Diversos estudos demonstram que há correlação entre o conteúdo de carbono orgânico no solo e a estabilidade dos agregados em água (ROZANE *et al.*, 2010; PODWOJEWSKI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Portanto, para fazer a correlação entre essas propriedades do solo, foi feita a média entre os teores de MO obtidos no processo de queima e de oxidação nos macro e micro agregados (Tabela 13 e 14).

A média dos teores de matéria orgânica em todos os pontos foi inferior a 3,5% indicando maior instabilidade e propensão à erosão segundo Fullen e Catt (2004). Ao

analisar somente a queima de MO no forno mufla, é possível perceber que os macroagregados da borda da trilha apresentaram teores superiores a 3,5%, com exceção do primeiro ponto na profundidade de 0-10 cm.

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.

Mendonça e Rowell (1994) afirmam que a constante ruptura dos agregados pode acelerar as perdas de carbono orgânico no solo. Considerando que os teores de carbono orgânico estão diretamente relacionados com os teores de matéria orgânica, verifica-se que os microagregados apresentaram menores teores de matéria orgânica em comparação com os macroagregados do solo (Tabela 14).

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, grande porcentagem de microagregados no leito da trilha (Gráfico 15 e 16 – página 116) e baixos índices de agregação (Tabela 11 e 12 – páginas 113 e 114).

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, fato que prejudica a segurança do deslocamento do usuário, a partir do surgimento de ravinas no leito da trilha.

Tabela 13: 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MACROAGREGADOS NA TRILHA PRAIA DO SONO – PRAIA DE ANTIGOS							
		% M.O. Macroagregados (Mufla)		% M.O. Macroagregados (Dicromato)		Média	
	Profundidade	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	1,78	3,38	0,19	0,78	0,99	2,08
	10-20 cm	1,93	3,52	0,25	0,72	1,09	2,12
Ponto 2	0-10 cm	2,85	4,01	1,36	2,00	2,11	3,01
	10-20 cm	2,97	4,13	0,97	1,67	1,97	2,90

Tabela 14: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MICROAGREGADOS NA TRILHA PRAIA DO SONO – PRAIA DE ANTIGOS							
		% M.O. Microagregados (Mufla)		% M.O. Microagregados (Dicromato)		Média	
	Profundidade	Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	0,32	1,54	0,18	0,54	0,3	1,04
	10-20 cm	0,95	1,02	0,24	0,70	0,6	0,86
Ponto 2	0-10 cm	2,39	3,47	1,34	1,95	1,9	2,71
	10-20 cm	2,15	3,36	0,93	1,58	1,5	2,47

Apontados e discutidos os principais resultados obtidos pelas análises físicas e químicas das propriedades do solo, e integrando a estes alguns aspectos da pesquisa descritiva, torna-se possível apontar soluções e mitigações para os impactos observados na trilha.

Verifica-se que o traçado da trilha não foi planejado, isto é, não acompanha as curvas de nível, portanto, a mesma encontra-se bastante erodida e degradada, principalmente nos primeiros 300 metros, onde a declividade é acentuada e a vegetação é arbustiva, o que diminui a interceptação da água da chuva e prejudica o *input* de matéria orgânica.

Comparando esta trilha com a Laranjeiras-Praia do Sono, 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 e possui risco elevado para os usuários (quedas da encosta e no leito da trilha). Todos estes fatores evidenciam a necessidade de interdição e recuperação da trilha.

Portanto, seria adequado fazer um planejamento para modificar o traçado da trilha, onde o mesmo fosse curvilíneo. Além disso, deveria ser feita a recuperação de alguns trechos com a presença de ravinas e perda de borda crítica (Figuras 43 a 46), através da estabilização e do retaludamento da encosta, bem como, deve ser feita a incorporação de matéria orgânica no solo e a drenagem da trilha; para tal sugere-se que sejam utilizadas canaletas de drenagem, bolsões de escoamento e as técnicas de inversão de declividade e de “caimento para fora”, que permite que a água drene para fora no leito da trilha.

Nas áreas onde as feições erosivas estão desenvolvidas (Figura 45 – página 101) é necessário utilizar técnicas de bioengenharia, como a aplicação de geotêxteis, utilizados por diversos autores (FULLEN e GUERRA, 2002; MORGAN, 2005; BHATTACHARYYA et al., 2011; BEZERRA *et al.*, 2012 e LOUREIRO, 2013).

Os geotêxteis 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 (FULLEN e GUERRA, 2002; MORGAN, 2005; GUERRA *et al.*, 2010).

Por serem biodegradáveis, os geotêxteis incorporam, aos poucos, matéria orgânica ao solo. Além disso, diminuem a velocidade do escoamento superficial; retardam a concentração do fluxo de água; contribuem na infiltração, pois absorvem boa quantidade de água; também impedem, ou reduzem a retirada de adubo e sementes por lavagem da água da chuva; auxiliam na manutenção da umidade na superfície do solo; e reduzem a insolação sobre ele.

A partir de todos os resultados obtidos destaca-se a urgência em recuperar a trilha em questão, pois além de limitar a experiência dos usuários, a utilização da mesma está degradando a encosta e prejudicando a dinâmica do solo.

5.3. Trilha Praia de Galhetas - Ponta Negra

Na enseada de Ponta Negra moram aproximadamente 25 famílias (ICMBIO, 2004). O acesso à enseada só é possível através da trilha que se inicia na vila Oratório e passa pela praia do Sono, praia de Antigos, praia de Antiguinhos, praia de Galhetas e finalmente chega à enseada de Ponta Negra; ou por via marítima.

A trilha que se inicia na praia de Galhetas e vai até a enseada de Ponta Negra tem aproximadamente 350 metros de extensão. A vegetação predominante na trilha é de floresta ombrófila até os primeiros 160 metros, após esse ponto, a vegetação torna-se típica de capoeira (Figura 49).



Figura 49: Vegetação ombrófila (esquerda) e vegetação de capoeira (direita) na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

5.2.1. Análise das Feições Erosivas

A trilha tem início na praia de Galhetas que é dominada por blocos rochosos de diversos tamanhos. A presença desses blocos evidencia que no período de glaciação, pode ter havido transporte dos mesmos até a praia (Figura 50). Apesar da trilha ser utilizada por turistas e moradores da região, que desejam chegar até a Enseada de Laranjeiras, essa praia é frequentada mais por moradores da Enseada de Ponta Negra.

A declividade da encosta não é muito elevada (aproximadamente 15°) como a encontrada na trilha Praia do Sono – Praia de Antigos. Apesar de não ter o traçado curvilíneo, a trilha não apresenta muitas feições erosivas em seu leito (Figura 51).



Figura 50: Vista da praia de Galhetas com a presença de blocos rochosos de diversos tamanhos. Ao fundo, atrás da encosta, está localizada a praia de Ponta Negra. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

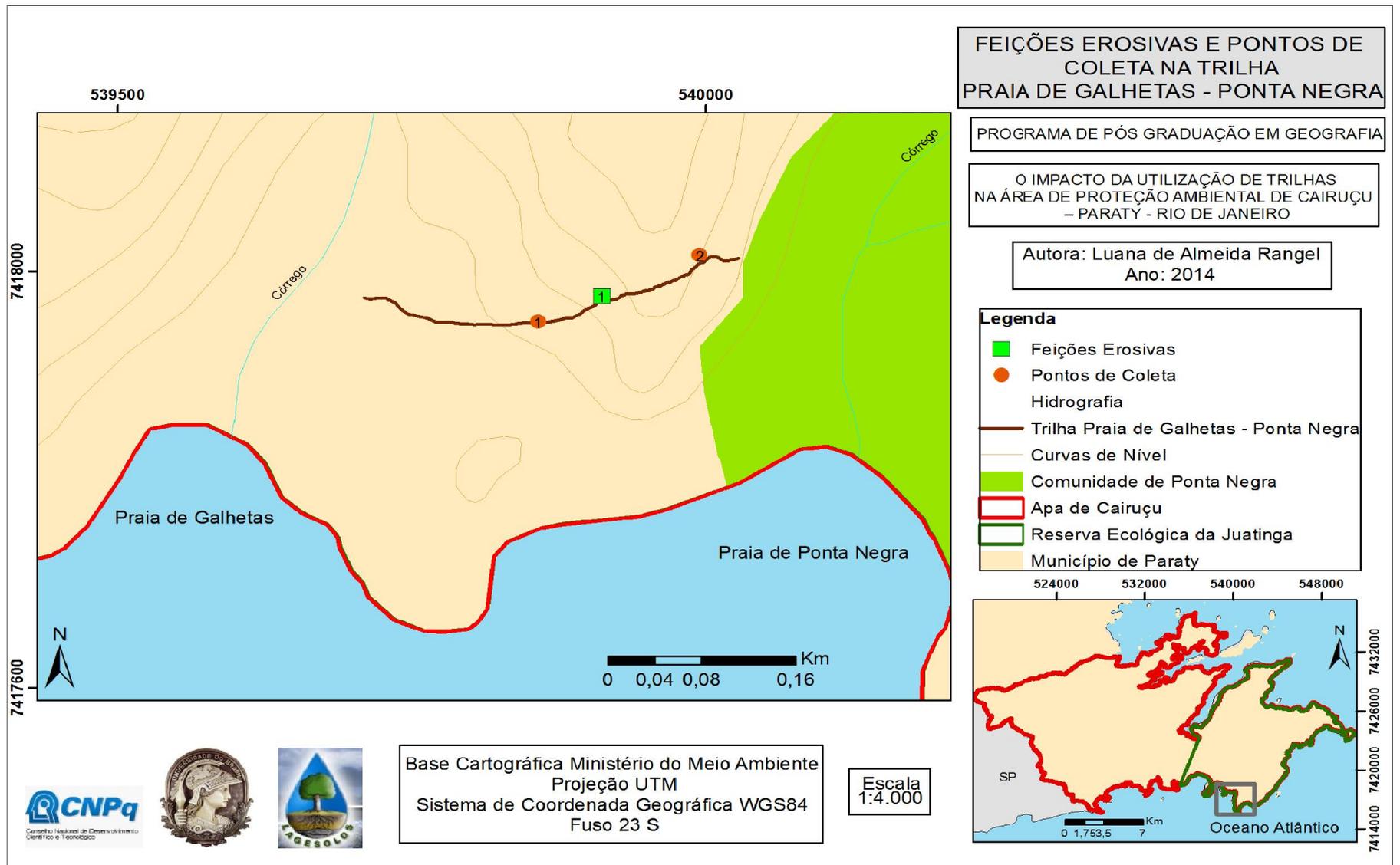


Figura 51: Mapa das feições erosivas e dos pontos de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Elaboração própria, 2014.

É possível perceber que apenas uma feição erosiva foi encontrada no leito da trilha. Mais uma vez essa feição é provocada pela ação da água, que devido à declividade e ao escoamento superficial concentrado provocaram degraus no leito da trilha (RANGEL e GUERRA, 2013a).

Nesse ponto, observa-se também, que a vegetação da encosta superior ao leito da trilha está queimada, o que prejudica as propriedades químicas e físicas do solo (Figura 52). Verifica-se também, que o solo está bastante compactado, portanto, o pisoteio no leito da trilha está influenciando no aprofundamento dos degraus.



Figura 52: (a) Encosta com vegetação queimada no divisor da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. (b) Degráus evidenciando a concentração do fluxo de água no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Além dos impactos ocasionados pela concentração de água e pela compactação do solo, foram observados restos de uma fogueira próximos a Praia de Galhetas (Figura 53). Estando a trilha inserida em uma área de Reserva, esta prática não poderia ocorrer, pois além de diminuir as propriedades físicas e químicas do solo, prejudica a microfauna do solo e coloca em risco a vegetação do entorno.



Figura 53: Início da trilha próximo à praia de Galhetas; e em detalhe, resto de fogueira em uma área com presença de gramíneas. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Diante disso, a inversão da declividade da trilha, através da modificação da inclinação do leito da trilha e através da construção de rampas, facilitaria a diminuição da concentração do fluxo de água, evitando os degraus no leito. A revegetação da borda, a construção de canaletas de drenagem e a incorporação de matéria orgânica no leito da trilha, também ajudariam a reduzir o fluxo superficial linear. Já com relação às queimadas e a presença de fogueiras, o desenvolvimento da educação ambiental com os usuários facilitaria a não ocorrência desse tipo de ação.

5.2.2. Avaliação dos Impactos da Visitação

Para a trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra seguiu-se o mesmo padrão de análise das duas trilhas anteriormente estudadas. Portanto, os indicadores de impacto de visitação (MIV) e as alterações perceptíveis na pesquisa descritiva foram observados nos dois pontos de coleta apresentados no mapa da figura 51 (página 123).

Os indicadores do MIV e seus respectivos níveis de impacto estão apresentados no quadro 10. Já no quadro 11, são apresentadas as características observadas através da pesquisa descritiva, complementando a metodologia de Monitoramento de Impacto de Visitação.

Quadro 10: Levantamento da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra segundo o MIV.

INDICADOR	PONTOS DE COLETA	
LEITO DA TRILHA	PONTO 1	PONTO 2
Variação da largura		
Afundamento		
Erosão em ravinas		
Erosão laminar		
Canal de drenagem		
Superfície descoberta (Luz do sol)		
BORDA	PONTO 1	PONTO 2
Perda de borda crítica		
Desbarrancamento de encosta		
SOLO	PONTO 1	PONTO 2
Compactação		
Solo exposto (sem serapilheira)		
Rochas aflorando		
Raízes expostas		
Alagamentos		
Aclives/declives acentuados		
VEGETAÇÃO	PONTO 1	PONTO 2
Árvores caídas		
Vegetação na borda danificada		
Incêndios		
SANEAMENTO	PONTO 1	PONTO 2
Pichação		
Lixo na trilha		
RISCO PARA OS USUÁRIOS	PONTO 1	PONTO 2
De escorregar		
De cair de encosta		
Fatal		

Legenda

Não Ocorre	Ocorre	Baixa	Média	Elevada
------------	--------	-------	-------	---------

Quadro 11: Levantamento da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra segundo a pesquisa descritiva.

N° Ponto	Coordenada		Exposição de Raízes				Exposição de rochas				Acumulação de Água			
	E	N	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada	Não Ocorre	Pouca	Média	Elevada
1°	539858	7417951		x						x		x		
2°	539995	7418015	x				x				x			

N° Ponto	Coordenada		Formação de Degraus			Altura do Degrau	Observações de Manejo
	E	N	Ausente	Pouco Presente	Muito Presente		
1°	539858	7417951			x	18 cm e 35 cm	
2°	539995	7418015	x				

N° Ponto	Coordenada		Largura da Trilha (m)	Limite da Área Pisoteada (m)
	E	N		
1°	539858	7417951	1,22	0,91
2°	539995	7418015	1,46	0,97

Analisando os dois quadros é possível destacar que os dois pontos estão sofrendo com a compactação e exposição do solo (ausência de serapilheira), mesmo que em intensidades diferentes. No primeiro ponto a exposição de rochas e a formação de degraus é elevada. Além disso, a possibilidade de acumulação de água e a exposição de raízes é baixa, evidenciando assim, baixa atividade laminar (Figura 54).

A largura da trilha é de aproximadamente 1,22 metros, já o limite da área pisoteada é de 0,91 metros. A trilha, neste ponto, é bastante estreita, aumentando o seu nível de dificuldade e restringindo a sua utilização.



Figura 54: Primeiro ponto de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra; observe a presença de blocos rochosos e degraus no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Já no segundo ponto de coleta foram observados impactos como a presença de lixo e vegetação da borda danificada. Além disso, o risco de escorregar, principalmente em eventos chuvosos, é bem alto; fator este, agravado pela declividade acentuada (aproximadamente 35°) e pela falta de estruturas de manejo que poderiam auxiliar na subida da trilha (Figura 55). A largura da trilha, neste ponto é de aproximadamente 1,16 metros, já o limite da área pisoteada é de 0,97 metros.



Figura 55: Segundo ponto de coleta na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra; em destaque lata de alumínio encontrada no leito da trilha. Acervo: L. A. Rangel, 2012.

Após a apresentação de todos os impactos observados ao longo da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra, foi criado um quadro síntese baseado nas possíveis causas desses impactos, sugerindo estratégias de manejo a fim de mitigar os problemas observados na trilha (Quadro 12).

Quadro 12: Síntese dos impactos e possíveis estratégias de manejo na trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.

IMPACTO	CAUSA PROVÁVEL
Declividade acentuada	Corte da trilha não acompanha a topografia
Presença de degraus no leito da trilha	Alta declividade, não existe drenagem natural
Solo compactado	Intenso pisoteio, solo pouco coeso e influência fluvial
Fogueira e Encosta Queimada	Má utilização e falta de conscientização dos usuários

5.2.3. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica dos Agregados

Foram coletadas amostras de solo em dois pontos, no leito e na borda, ao longo da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Por estarem localizados em diferentes altitudes, declividades e condições geomorfológicas foi elaborado um perfil topográfico para melhor visualização das características de cada ponto (Figura 56).



Figura 56: Perfil Topográfico da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra e altitude dos pontos de coleta. Fonte: Google Earth, 2013.

Os resultados das análises da textura do solo, realizado através do método da pipeta, estão apresentados em duas tabelas, uma referente à área de borda e a outra referente ao leito da trilha (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural da borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.

GRANULOMETRIA DA BORDA DA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	458	72	530	216	331	288	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 2	341	64	405	270	355	333	Franco - Argilosa
10 - 20 cm							
Ponto 1	411	90	501	98	401	188	Argilo - Arenosa
Ponto 2	303	81	385	288	327	370	Franco - Argilosa

Tabela 16: Resultados das análises granulométricas em g/kg e classificação textural do leito da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.

GRANULOMETRIA DO LEITO DA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA							
	Areia			Silte	Argila	Silte + Areia Fina	Classe Textural
	Grossa	Fina	Total				
0 - 10 cm							
Ponto 1	367	160	527	172	331	332	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 2	349	135	484	161	355	296	Argilo - Arenosa
10 - 20 cm							
Ponto 1	477	124	601	106	293	230	Franco - Argilo - Arenosa
Ponto 2	414	84	498	120	382	204	Argilo - Arenosa

Analisando a granulometria e a textura do solo, verifica-se que o primeiro ponto de coleta possui maiores teores de silte + areia fina no leito da trilha nas duas profundidades, evidenciando maior suscetibilidade à erosão.

A área de borda da trilha também apresentou significativa concentração de silte + areia fina no ponto 2, indicando que a borda está sofrendo com o impacto da utilização. Isso reitera o que foi apresentado no quadro do MIV (quadro 10 – página 127), que a vegetação da borda está sendo danificada, portanto, o leito da trilha será alargado, já que os usuários também estão transitando pela área de borda.

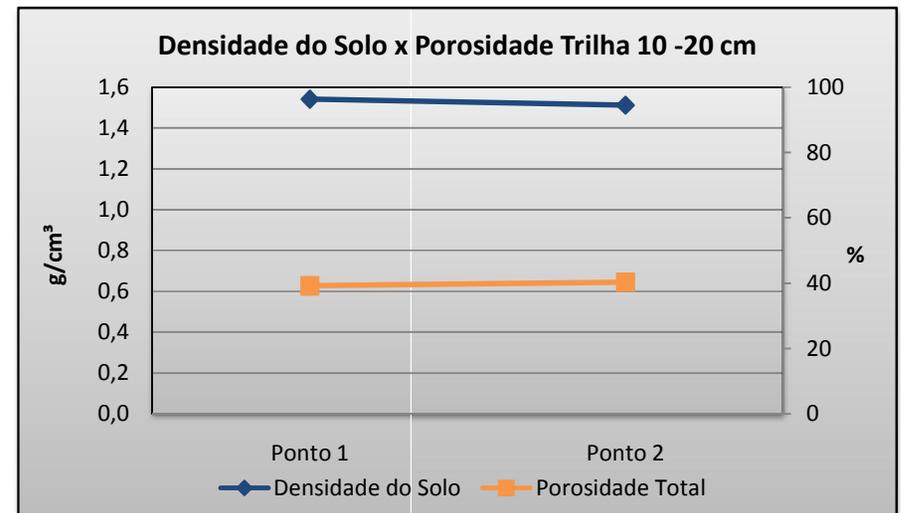
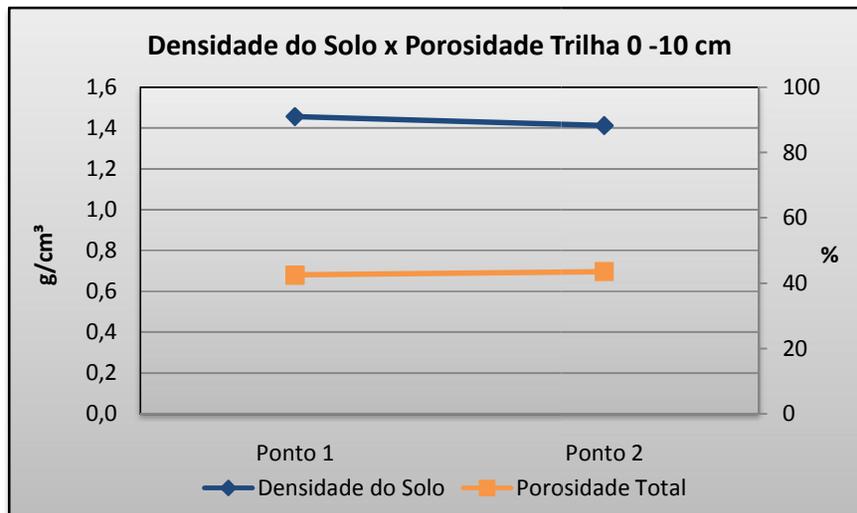
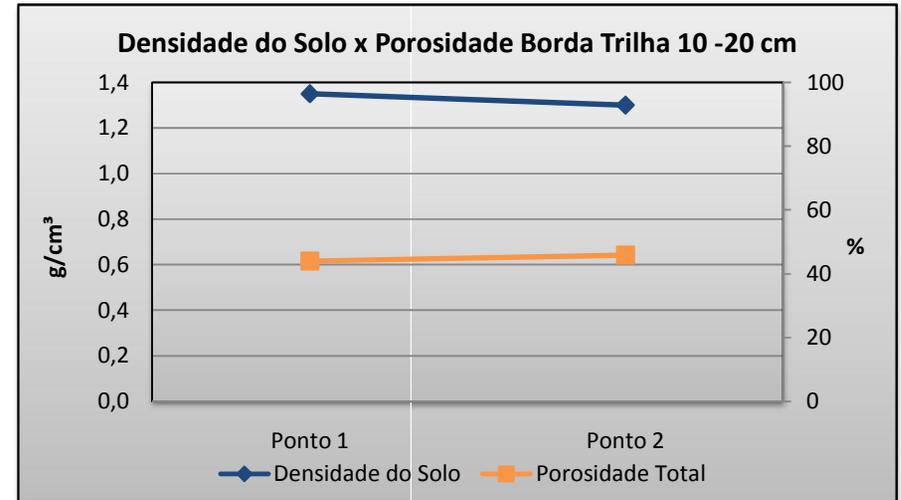
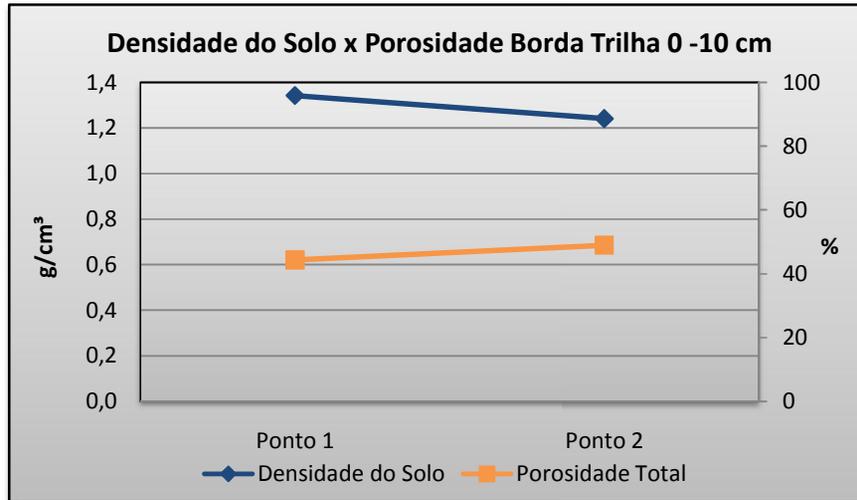
A classe textural predominante nesse ponto foi a Franco- Argilo- Arenosa, com exceção da borda na profundidade de 10-20 cm, onde a textura é Argilo - Arenosa. Já no segundo ponto de coleta a textura variou entre Franco – Argilosa, na borda da trilha e Argilo-Arenosa, no leito da trilha.

Os dois pontos apresentam significativa concentração de argila, tanto no leito quanto na borda da trilha variando de 293 g/kg a 401 g/kg, os elevados teores de argila, apesar de dificultarem a infiltração de água no solo, podem facilitar a formação de agregados. Os dois pontos também possuem grande quantidade de areia, variando de 385 g/kg a 601 g/kg. Poesen e Savat (1981) destacam a importância da fração areia na erodibilidade dos solos.

Os teores de areia fina encontrados no leito da trilha - com exceção do segundo ponto na profundidade de 10-20 cm - são superiores ao teor de 100 g/kg, destacado por Guerra *et al.* (2010) como valor aceitável, quando combinado com altos valores de areia (68,46-96,67%). Mais uma vez, destaca-se que o leito da trilha, sofre com o impacto direto da gota da chuva, pois a falta de vegetação influencia na remoção das partículas finas do solo.

Analisando a densidade e a porosidade do solo, verifica-se que o leito da trilha possui solo mais denso nos dois pontos nas duas profundidades (0–10 cm e 10-20 cm). Sendo assim, o solo na borda da trilha mostra-se mais poroso do que no leito. Os valores de densidade e porosidade, tanto para borda quanto para o leito da trilha, estão expressos nos gráficos abaixo (Gráficos 17 a 20).

Gráficos 17 a 20: Valores de densidade do solo e porosidade total no leito e na borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm^3) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).



Avaliando os valores de densidade aparente apresentados, verifica-se que os do leito variam de 1,41 g/cm³ (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm) a 1,54 g/cm³ (ponto 1 na profundidade de 10-20 cm). Os valores de densidade não são muito elevados, evidenciando que o solo não está muito compactado. Já os valores de densidade na borda da trilha variam de 1,24 g/cm³ (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm) a 1,35 g/cm³ (ponto 1 na profundidade de 0-10 cm).

Todos os percentuais de porosidade encontrados podem ser considerados de média suscetibilidade à erosão (entre 35% e 45%) - com exceção da borda da trilha no ponto 2 na profundidade de 0-10 cm - segundo o que foi proposto por Lima (2008) no estudo feito na bacia hidrográfica do rio Macaé. Os valores no leito da trilha variam de 39,17% (ponto 1 na profundidade de 10-20 cm) a 43,51% (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm) e na borda da trilha permanecem entre 43,98% (ponto 1 na profundidade de 10-20 cm) e 48,97% (ponto 2 na profundidade de 0-10 cm).

Através da análise dos gráficos 17 a 20, verifica-se a tendência de aumento da densidade do solo com o aumento da profundidade e constata-se que todos os pontos possuem solos minerais, pois os valores de densidade aparente estão entre 1,1 g/cm³ e 1,6 g/cm³.

A avaliação da Tabela 17 demonstra uma tendência de valores de densidade de partículas mais elevados no leito da trilha do que na área de borda. A média da densidade de partículas das amostras da borda da trilha foi de 2,41 g/cm³, já a média do leito da trilha foi de 2,52 g/cm³, mais uma vez, o valor encontrado está de acordo com solos minerais, em que a média fica entre 2,3 e 2,9 g/cm³.

Tabela 17: Comparação dos valores de densidade de partículas do leito e da área de borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

DENSIDADE DE PARTÍCULAS NA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA (g/cm³)		
0 - 10 cm	Trilha	Borda da Trilha
Ponto 1	2,53	2,41
Ponto 2	2,50	2,43
10 - 20 cm		
Ponto 1	2,53	2,41
Ponto 2	2,53	2,40

A fim de enfatizar e correlacionar os resultados de textura, densidade e porosidade obtidos, os resultados da estabilidade dos agregados em água, no leito e na borda da trilha, são apresentados nas tabelas 18 e 19 e nos gráficos 21 a 22.

Tabela 18: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra na profundidade de 0-10 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM				
	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,28 (0,05)	1,98 (0,12)	0,68 (0,03) ^A	1,27 (0,26)*
DMG (mm)	0,81 (0,03)	1,36 (0,19)*	0,41 (0,04)	1,21 (0,23)*
IEA (%)	74,59 (4,37)	88,3 (7,23)	69,35 (2,41)	83,96 (3,57)
Agregados > 2 mm (%)	23,61 (5,37)	48,24 (3,22)*	6,81 (1,37) ^A	50,74 (13,14)*

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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.

Tabela 19: Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra na profundidade de 10-20 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM				
	Ponto 1		Ponto 2	
	Trilha	Borda	Trilha	Borda
DMP (mm)	1,29 (0,04)	1,88 (0,06)	1,1 (0,02)	1,87 (0,22)*
DMG (mm)	0,78 (0,04)	1,09 (0,02)	0,61 (0,03)	1,22(0,15)
IEA (%)	75,13 (3,46)	89,34 (6,87)	77,73 (4,51)	85,59 (2,64)*
Agregados > 2 mm (%)	23,92 (4,53)	59,49 (8,77)*	20,76 (3,24)	53,09 (10,86)*

Os Números correspondem a Média e o Desvio Padrão (entre parênteses). 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.

Analisando a estabilidade de agregados na profundidade de 0-10 cm (Tabela 18), verifica-se que todos os valores foram maiores na borda da trilha. Através do teste estatístico realizado, foi possível inferir que o pisoteio no leito da trilha está afetando

significativamente o DMG no ponto 1; o DMP e DMG no ponto 2 e a porcentagem de agregados maiores que 2 mm nos dois pontos.

Seguindo o estudo de Fattet *et al.* (2011), o DMP e o DMG, no segundo ponto de coleta, foram muito baixos na profundidade de 0-10 cm no leito da trilha, 0,68 mm e 0,41 mm, respectivamente. Isto demonstra que os agregados do solo estão sofrendo com o impacto do pisoteio, que provoca o esboroamento dos macroagregados, e com o impacto da gota da chuva. O DMG de 0,41 mm está abaixo do valor aceitável segundo Kiehl (1979), portanto a percolação de água e de ar no solo pode ser prejudicada.

A porcentagem de agregados > 2 mm em todos os pontos no leito da trilha, foi muito baixa, chegando a 6,81% na profundidade superior do ponto 2; este valor difere significativamente do ponto 1, onde a porcentagem de agregados é de 23,61%. Essa baixa porcentagem é refletida no IEA que é de 69,35%. Sendo assim, os agregados nesse ponto, estão muito instáveis e sofrem rápida quebra pela ação da água, evidenciando a falta de incorporação de matéria orgânica, responsável pela cimentação dos agregados do solo.

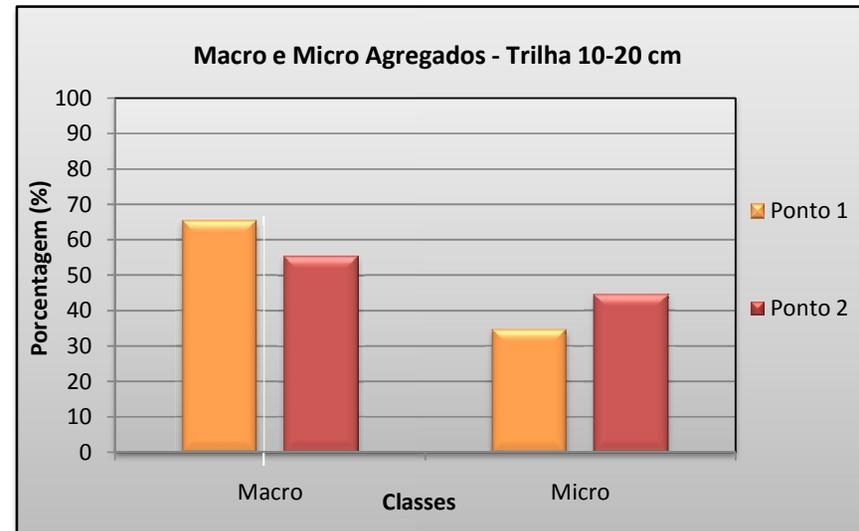
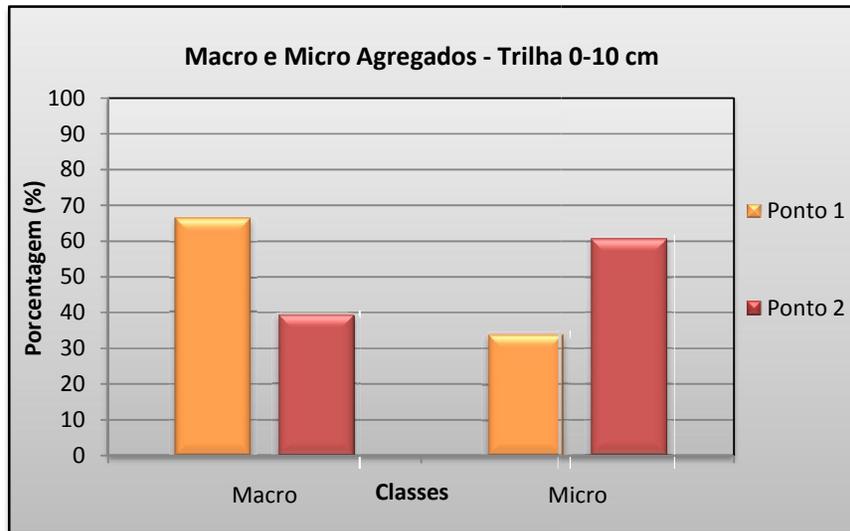
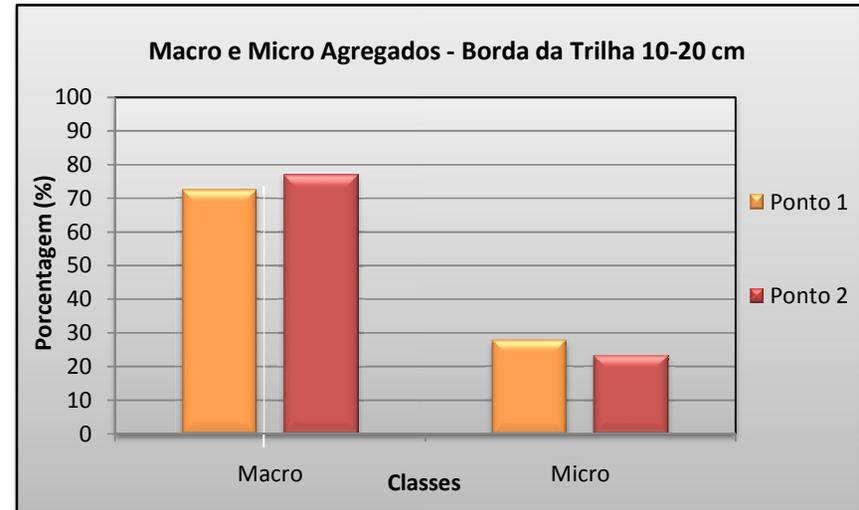
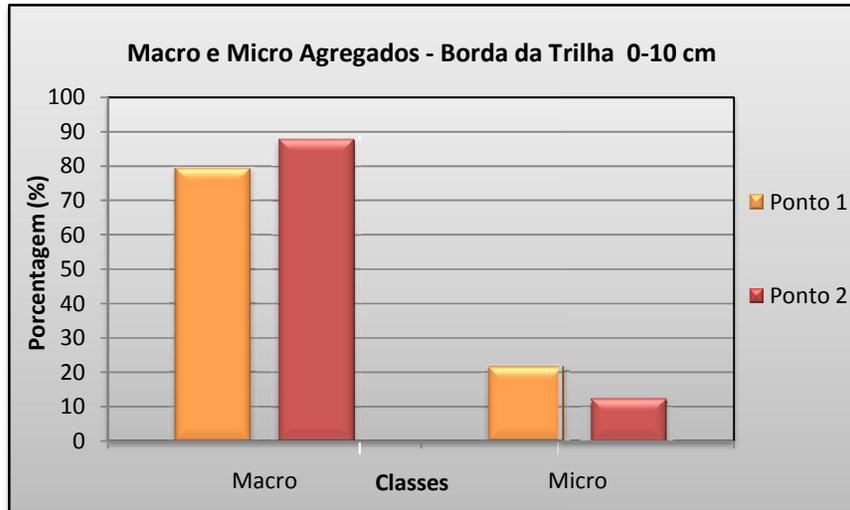
Avaliando a profundidade de 0-10 cm, observa-se que o DMP e a porcentagem de agregados maiores que dois diferiu estatisticamente entre o ponto 1 e dois no leito da trilha. O IEA seguiu a tendência dos outros índices e foi menor no leito da trilha.

Já para a profundidade de 10-20 cm, o leito e a borda da trilha do ponto 2 diferiram significativamente na profundidade de 10-20 cm em todos os índices de agregação menos no DMG.

Portanto, o ponto 1 apresentou melhores índices de agregação que o ponto 2, isto pode ter relação com a grande quantidade de argila encontrada no solo, que favorece a cimentação e formação de macroagregados. Além disso, o ponto 1 está situado em uma área de menor declividade e a vegetação na borda da trilha é de floresta ombrófila. Apesar de apresentar melhores índices de agregação, os valores de DMP e DMG no leito da trilha do ponto 1 ainda podem ser considerados preocupantes.

Outra forma de avaliar a estabilidade de agregados é através da análise dos macro e micro agregados do solo. Estes teores são apresentados nos gráficos 21 a 24.

Gráficos 21 a 24: Distribuição de macro e micro agregados do solo no leito e na borda da trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra.



Analisando os gráficos 21 a 24, percebe-se que a porcentagem de macro e micro agregados do solo corrobora que o leito da trilha na profundidade de 0-10 cm no ponto 2 possui maior quantidade de microagregados, evidenciando a má conservação das propriedades físicas do solo.

Na área de borda da trilha a porcentagem de microagregados foi maior do que a porcentagem no leito da trilha. Os valores de aproximadamente 80% e 72% no ponto 1 e de 88% e 77% no ponto 2 (0-10 cm e 10-20 cm respectivamente), evidenciam agregação satisfatória do solo.

De acordo com os estudos de Castro Filho *et al.* (2002) o ponto 2 apresentou valores de agregação muito baixos, evidenciando que pode estar ocorrendo o rápido umedecimento do solo e quebra de agregados, conseqüentemente, a propensão de ocorrência de processos erosivos é elevada.

Para enfatizar os resultados de agregação do solo explanados anteriormente, são apresentadas as médias entre os teores de MO obtidos no processo de queima e de oxidação nos macroagregados (Tabelas 20 e 21).

A média dos teores de matéria orgânica nos macroagregados da borda da trilha do ponto 1 é superior a 3,5% indicando maior estabilidade e menor propensão à erosão segundo Fullen e Catt (2004). Ao analisar somente a queima de MO no forno mufla, é possível perceber que os macroagregados da borda da trilha, apresentaram teores superiores a 3,5%, com exceção do segundo ponto na profundidade de 10-20cm.

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.

Denef *et al.* (2001b) e Elmholt *et al.* (2008) destacam que a matéria orgânica do solo, viva ou morta, exerce um papel fundamental na agregação do solo. Isto pode ser verificado ao comparar os resultados de agregação do solo com os teores de matéria orgânica, isto é, o ponto 1 apresentou os melhores índices de agregação e, conseqüentemente, os maiores teores de matéria orgânica, evidenciando a ação cimentante da mesma, na formação dos agregados.

Franzluebbbers (2002) destaca que problemas no processo de ciclagem de nutrientes podem reter a matéria orgânica na serapilheira e diminuir a quantidade de carbono para o solo. Isto pode estar ocorrendo nos microagregados da borda da trilha do segundo ponto de coleta, pois os teores de MO foram baixos (1,6 % e 1,57% nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm).

Tabela 20: 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MACROAGREGADOS NA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA							
	Profundidade	% M.O. Macroagregados (Mufla)		% M.O. Macroagregados (Dicromato)		Média	
		Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	4,87	5,41	1,05	1,57	2,96	3,50
	10-20 cm	2,72	6,33	0,73	0,98	1,72	3,66
Ponto 2	0-10 cm	2,17	4,58	0,33	0,47	1,25	2,53
	10-20 cm	1,56	3,19	0,91	1,53	1,2	2,36

Tabela 21: Teores de matéria orgânica nos microagregados 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.

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS MICROAGREGADOS NA TRILHA PRAIA DE GALHETAS – PONTA NEGRA							
	Profundidade	% M.O. Microagregados (Mufla)		% M.O. Microagregados (Dicromato)		Média	
		Trilha	Borda	Trilha	Borda	Trilha	Borda
Ponto 1	0-10 cm	3,14	3,78	0,36	0,43	1,7	2,11
	10-20 cm	2,09	2,67	1,03	1,49	1,6	2,08
Ponto 2	0-10 cm	1,83	1,98	0,89	1,22	1,4	1,6
	10-20 cm	1,04	2,07	0,92	1,07	1,0	1,57

É possível concluir que a incorporação de matéria orgânica na trilha é lenta, afetando a estabilidade de agregados e a compactação do solo. Comparando esta trilha com as outras duas trilhas estudadas, verifica-se que esta, apesar de não possuir nenhuma estrutura de manejo, possui menos feições erosivas. Este fato pode estar relacionado tanto com a declividade que é inferior a da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, quanto com a quantidade de usuários, já que, segundo o ICMBIO (2004) a trilha Laranjeiras – Praia do Sono é a mais utilizada da APA de Cairuçu.

Os impactos observados foram relacionados mais à presença de lixo e a restos de fogueira, que podem ser minimizados através da conscientização do usuário. Sugere-se a colocação de placas de sinalização que indiquem o que é permitido e o que é proibido visando a conservação da fauna e flora (Figura 57).



Figura 57: Sugestão de placa de informações para a trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra. Adaptada do Parque Estadual da Pedra Branca, 2014.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que os procedimentos metodológicos, as análises desenvolvidas, bem como os resultados obtidos permitiram alcançar os objetivos definidos no estudo da avaliação do impacto da utilização de trilhas. Além disso, os resultados da pesquisa descritiva - tanto os da abordagem do MIV, quanto os relacionados à manutenção e condições das trilhas – e os resultados das propriedades físicas e químicas do solo, mostraram-se satisfatórios e complementares para o melhor desenvolvimento da pesquisa.

Através da comparação das áreas impactadas e não impactadas das trilhas foi possível nortear o planejamento, o manejo e sugerir formas de recuperação das áreas degradadas nas trilhas e no seu entorno, visando mitigar os impactos e o acesso às trilhas. A partir da avaliação das trilhas mapeadas e estudadas foi possível obter conclusões importantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Os procedimentos técnico-metodológicos utilizados foram de suma importância para avaliação das trilhas, pois as variáveis analisadas e as metodologias escolhidas refletiram as condições de degradação e de impactos das trilhas, permitindo assim, uma abordagem integrada.

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 melhor experiência do usuário, bem como, a diminuição do impacto na Unidade de Conservação.

Esta dissertação visa contribuir para o avanço do estudo de trilhas dentro de Unidades de Conservação, já que as mesmas 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, seu grau de dificuldade está aumentando.

Portanto, a pesquisa realizada tem importância para auxiliar na gestão de Unidades de Conservação, demonstrando que o estudo das trilhas é fundamental para direcionar a prática das ações que visem corrigir problemas ambientais. Comprova-se assim, principalmente para os gestores das Unidades de Conservação, que é de suma

importância realizar um estudo integrado a fim de se obter o maior sucesso possível nas intervenções feitas.

No que se refere à presença de feições erosivas, a trilha Praia do Sono - Praia de Antigos apresentou feições erosivas mais desenvolvidas, sendo, portanto, a mais degradada. A baixa qualidade do solo permite inferir que o mesmo está sofrendo intensamente com o pisoteio e com a concentração do fluxo superficial de água. A trilha Laranjeiras – Praia do Sono também apresentou algumas feições erosivas, porém as mesmas encontram-se menos desenvolvidas e representam menores riscos aos usuários, já que a trilha possui diversas estruturas de manejo.

Nas trilhas onde a presença de ravinas é constante, pode-se afirmar que o escoamento superficial e subsuperficial é ineficiente e converge para o leito da trilha de forma difusa e concentrada. Sendo assim, a instalação de canaletas de drenagem e o nivelamento da trilha se tornam essenciais para a resolução do problema.

A formação de degraus foi observada nas três trilhas em análise. Esse tipo de feição pode estar associada tanto à erosão provocada pelo fluxo de água, quanto à técnica de manejo de colocação de contenções de madeira no leito das trilhas. Logo, não se pode afirmar que ela sempre esteve relacionada a uma condição mais degradada.

A exposição de rochas e raízes refletiu a ocorrência de erosão laminar, porém não foi determinante na constatação das condições das trilhas, isto é, foi apenas um parâmetro balizador que está muito condicionado ao meio. Logo, quanto maior for o porte da vegetação, maiores serão as raízes e, portanto, maior sua exposição no leito.

Quanto à acessibilidade, a trilha Laranjeiras – Praia do Sono apresentou melhores condições de receber os usuários, pois apresenta diversas estruturas de manejo, como degraus, escadas e pontes. A trilha Praia de Galhetas – Ponta Negra, apesar de não possuir nenhum tipo de estrutura de manejo, não possui grau de dificuldade elevado. Já a trilha Praia do Sono - Praia de Antigos não apresenta boa acessibilidade, pois está localizada em uma encosta muito íngreme e a presença de feições erosivas é bastante significativa.

Com relação às propriedades químicas e físicas do solo, de maneira geral, nos pontos onde foi observada maior degradação visual foram obtidos os menores índices de agregação do solo, os menores teores de matéria orgânica, as maiores taxas de densidade aparente e as menores taxas de porosidade do solo. Sendo assim, os indicadores de qualidade do solo se mostram eficientes para avaliação da sua dinâmica.

Conforme apresentado anteriormente, a escolha dos métodos para análise das propriedades físicas e químicas se mostrou eficiente, porém, é importante destacar que a diferença entre os resultados obtidos pelos dois métodos de análise de matéria orgânica representa um complicador da análise, mesmo com a utilização de uma média entre eles, pois a média pode ser tendenciosa para um dos métodos analíticos.

Sobre os impactos visuais observados, em todas as trilhas foi verificada alguma atividade inadequada, como a presença de lixo, de pichações e de fogueiras. Estes impactos refletem não só a falta de fiscalização e de controle dentro da Unidade de Conservação, mas também, o desrespeito do usuário com as trilhas e o ambiente natural.

Entendem-se as dificuldades que os gestores da APA de Cairuçu têm em realizar essa manutenção e fiscalização, por se tratar de uma área extensa, porém, talvez, em cooperação com os gestores da Reserva Ecológica da Juatinga e com os próprios moradores locais, que dependem da atividade turística, seja possível realizar uma fiscalização mais eficaz.

Através do que foi apresentado na presente dissertação é possível traçar áreas prioritárias para recuperação, como é o caso da trilha Praia do Sono – Praia de Antigos, que necessita de imediata interdição por apresentar sérios riscos aos seus usuários (feições erosivas muito desenvolvidas, desbarrancamento da encosta e início de processos de voçorocamento), bem como a proteção da Unidade de Conservação.

A falta de planejamento na criação das trilhas, principalmente da trilha Praia do Sono-Praia de Antigos, provocou diversas alterações na qualidade do solo. Nesta trilha, como foi dito anteriormente, o ideal seria a interdição - que vai interferir na atividade turística – e a recuperação e criação de um novo traçado mais curvilíneo. Conclui-se que, se antes da instalação da trilha tivesse sido feito um planejamento adequado, a utilização da mesma não seria prejudicada.

Já a trilha Laranjeiras – Praia do Sono, a maior dentre as três trabalhadas, percorre ambientes mais preservados (florestas em estágio médio e alto de sucessão), porém as características do seu leito e das encostas evidenciam vulnerabilidade à ocorrência de processos erosivos.

Conclui-se que a maioria das feições erosivas encontradas surgiu a partir da implementação da trilha, já que em diversos pontos, o traçado das mesmas não acompanha as curvas de nível, o que provoca diversos impactos, como a concentração do fluxo de água. Portanto, a utilização das trilhas só está aumentando essas feições, não sendo o fator que deu origem ao processo erosivo.

Desse modo, há várias sugestões para o prosseguimento da pesquisa, através da recuperação das áreas mais degradadas, da construção e da implementação de estruturas de manejo que facilitem o acesso e a utilização das trilhas e que diminuam os impactos gerados. Além disso, aprofundando a discussão sobre a utilização das trilhas em Unidades de Conservação é possível elucidar se as mesmas são, ou não, forças de tensão que podem prejudicar a preservação das UCs.

Por fim, destaca-se que o presente trabalho cumpriu com os objetivos propostos e aponta um caminho inicial a ser seguido, focando sua análise em um estudo de caso local, mas que pode servir como norteador para outros estudos regionais, principalmente dentro de Unidades de Conservação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN, S.; DARBOUX, F. E CHENG, M. Revegetation as an efficient means of increasing soil aggregate stability on the Loess Plateau (China). **Geoderma**, v.209–210, p.75–85, 2013.

ANDRADE, J. V. **Turismo: Fundamentos e dimensões**. São Paulo: Ed. Ática, 1997.

ANDRADE, W. J. Implantação e Manejo de Trilhas. In: MITRAUD, S.W. (org.) **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. Brasília – WWF – Brasil – DF, p. 247-259, 2003.

ANDRADE, W. J. Manejo de trilhas para o ecoturismo. In: NEIMAN, Z. & MENDONÇA, R. **Ecoturismo no Brasil**. São Paulo: Manole, 2005.

ANDRADE, M. R. M. de. **Planejamento Ambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande Guarulhos-SP**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARAÚJO, M, A. R. **Unidades de Conservação no Brasil: da república à gestão de classe mundial**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2007.

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.

ASSIS, R. L. e 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.

BARBER, P.; LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P. M.; DELAMONICA, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. **Environment - The future of the Brazilian Amazon**. Science, 2001.

BASTOS, R. S.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H.; CORRÊA, M. M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.11-20, 2005.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2010.

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. Variação da umidade superficial do solo em parcelas experimentais com uso de geotêxteis biodegradáveis, Uberlândia – MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.1, p. 93-100, 2012.

BHATTACHARYYA, R.; FULLEN, M. A.; BOOTH, C. A.; KERTESZ, A.; TOTH, A.; SZALAI, Z.; JAKAB, G.; KOZMA, K.; JANKAUSKAS, B.; JANKAUSKIENE, G.; BUHMANN, C.; PATERSON, G.; MULIBANA, E.; NELL, J. P.; VAN DER MERWE, G. M. E.; GUERRA, A. J. T.; MENDONCA, J. K. S.; GUERRA, T. T.; SATHLER, R.; BEZERRA, J. F. R.; PERES, S. M.; YI, Z.; YONGMEI, L.; LI, T.; PANOMTARACHICHIGUL, M.; PEUKRAI, S.; THU, D.C.; CUONG, T. H.; TOAN, T.T. Effectiveness of biological geotextiles for soil and water conservation in different agro-environments. **Land Degradation & Development**, v. 22, p. 495-504, 2011.

BOTELHO, R. G. M e SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 10 de 14 de dezembro de 1988**. Dispõe sobre as Áreas de Proteção Ambiental – APAs. 1988. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res88/res1088.html>. Acesso em 15 ago. 2012.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 10, de 1º de outubro de 1993**. Dispões sobre os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão da Mata Atlântica. 1993.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res1093.html>. Acesso em 20 jul. 2012.

BRASIL. **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/19985.htm. Acesso em: 13 jul. 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 4.297, de 10 de julho de 2002 - Inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/zoneamento-ecologico-economico>. Acesso em 01 ago. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 126, de 27 de maio de 2004. **Criação do mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-de-conserva%C3%A7%C3%A3o-e-utiliza%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel-da-diversidade-biol%C3%B3gica-brasileira-probio-i/%C3%A1reas-priorit%C3%A1rias>. Acesso em: 27 ago. 2012.

BRITO, F. A.; CÂMARA, J. B. D. **Democratização e Gestão Ambiental: Em busca do Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

BRONICK, C.J. e LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**. v. 124, p.3-22, 2005.

CADAVID GARCÍA, E. A. **Zoneamento agroecológico e sócio-econômico da bacia hidrográfica brasileira do Rio Paraguai: uma abordagem numérica preliminar**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1991.

CAMPOS, B. C. D.; REINERT, D. J; NICOLODI, R. e 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.

CARTER, A. R. **Relative impact of off-road bicycle and hiker traffic on trail soils: an experimental study, Boulder, Colorado**. 1994. Tese - Faculty of Natural Sciences, Mathematics, and Engineering University of Denver, Denver, 1994.

CASTRO FILHO, C. e 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.

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.

CASTRO FILHO, C., LOURENÇO, A., de F. GUIMARÃES, M. e FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a redlatosol in the state of Parana, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.65, n.1, p.45-51, 2002.

CASTRO JUNIOR, E. **Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de florestas de tabuleiros, ES.** (Doutorado). Rio de Janeiro: PPGG, UFRJ, 2002.

CASTRO JUNIOR, E.; COUTINHO, B. H.; FREITAS, L. E. de. Gestão da Biodiversidade e Áreas Protegidas. In: GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. (orgs). **Unidades de Conservação**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, p. 25-65.

CHENU, C.; GUÉRIF, J. & JAUNET, A.M. Polymer bridging: A mechanism of clay and soil structure stabilization by polysaccharides. In: **World congress of Soil Science**, v. 15.,Acalpulco, Mexico, 1994. p. 403-410.

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.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 93-148.

COLE, D.N. 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, 1987. p. 135-177.

COLE, D.N. **Changes on trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-89**. Research Paper INT-450. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 1991.

COLE, D.N. Minimizing Conflict between Recreation and Nature Conservation. In: SMITH, D.S. e HELLMUND, P.C. (org). **Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas**. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, MN, 1993. p. 105 -122.

COLE, D.N. 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, 2004.

CONCEIÇÃO, R. S. da; COSTA, N. M. C. da; COSTA, V. C. da . A importância da evolução do uso do solo como geoindicador para o planejamento do ecoturismo em unidades de conservação - aplicação no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 3, p. 4-23, 2010.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, p.203-209, 2002.

CORRELL, M.J; LILLYDAHL, H. J.; e SINGELL, L. D. The effects of greenbelts on residential property values: Some findings on the political economy of open space. **Land Economics**, v. 54, p. 53-62, 1978.

CORTE, D. A. A, **Planejamento e Gestão de APAs – Enfoque Institucional**. Brasília, D.F.: Ed. IBAMA/MMA. Série Meio Ambiente em Debate, 1997.

COSTA, N. M. C. D. e XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: O Caso do Parque Estadual da Pedra Branca – RJ. In: XAVIER-DA-SILVA, J. e ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.67-113.

COSTA, N. M. C.; COSTA, V. C. da; e MELLO F. A. P. Planejamento de Trilhas no contexto do manejo e gestão do Ecoturismo de Unidades de Conservação Urbanas. **OLAM Ciência & Tecnologia**. Rio Claro/SP. v. 7, n. 3, 2007.

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

COSTA, S. M. **Contribuição Metodológica ao Estudo da Capacidade de Carga Turística em Áreas Preservadas: o caso da Unidade de Conservação do Gericinó Mendanha (RJ)**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2004.

COSTA, V. C. da. **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. 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, 2008.

DANTAS, M. E. e COELHO NETTO, A. L. O Impacto do Ciclo Cafeeiro na Evolução da Paisagem Geomorfológica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Cadernos de Geociências**, nº 15, 1996.

DEGENS, B.P. Macroaggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 431–459, 1997.

DENEF, K., SIX, J., BOSSUYT, H., FREY, S. D., ELLIOTT, E. T., MERCKX, R. e PAUSTIAN, K. Influence of dry-wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, v.33, p.1599-1611, 2001a.

DENEF, K.; SIX, J.; PAUSTIAN, K. e 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, 2001b.

DENEFF, K. e SIX, J. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macroaggregate formation and stabilization. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.56, n.4, p.469-479, 2005.

DIAS, J.C. e LIMA, W.N. Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. **Revista Científica da UFPA**, Pará, v.4, 16 p., 2004. Disponível em: http://www2.ufpa.br/rcientifica/ed_anteriores/pdf/ed_04_jcd.pdf; acessado em 04 dez. 2013.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM

DORAN, J.W. e PARKIN, T.B. 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. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, Special Publication. n. 35, p. 3-22, 1994.

DORAN, J.W. e JONES, A.J. Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, Special Publication n.49, 1996. 410p.

ELMHOLT, S., SCHJØNNING, P., MUNKHOLM, L. J. e DEBOSZ, K. Soil management effects on aggregate stability and biological binding. **Geoderma**, v. 144, n. 3-4, p. 455-467, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Cultivo de Algodão Irrigado**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrig>. Acesso em: 07 jul. 2013.

FAGERIA, N. K. e STONE, L. F. **Qualidade do solo e Meio Ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Disponível em:

http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF/25088/1/doc_197.pdf Acesso em: 21 jun 2013.

FARRELL, T. A.; MARION, J. L. Trail impacts and trail impact management related to ecotourism visitation at Torres del Paine National Park, Chile. *Leisure/Loisir: Journal of the Canadian Association for Leisure Studies*, 2002, v.6, p. 31–59.

FATTET, M.; FU, Y.; GHESTEM, M.; MA, W.; FOULONNEAU, M.; NESPOULOUS, J. LE BISSONNAIS, Y.; STOKES, A. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena*, v. 87, p. 60–69, 2011.

FELLER, C.; BEARE, N. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*. Amsterdam, v. 79, p.69-116, 1997.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.507-514, 1999.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S. e SILVA JUNIOR, J. M. T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, p.250-257, 2006.

FILHO, J. T.; FELTRAN, C. T. M.; OLIVEIRA, J. F.; ALMEIDA, E.; GUIMARÃES, M. F. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.3, p.436-441, 2012.

FONSECA, C. R.; JONER, F. Two-Sided Edge Effect Studies and the Restoration of Endangered Ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 15, p. 613–619. 2007.

FONSECA, G. A. B; PINTO, L. P; RYLANDS, A. B. Biodiversidade e unidades de conservação. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Conferências e Palestras**. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente, Rede Pró- Unidades de Conservação e Instituto Ambiental do Paraná, 1997.

FONTES, A. C. **Aspectos do macrozoneamento utilizando SIG enquanto instrumento da gestão ambiental: diagnósticos e cenários regionais no estudo de caso de Ribeirão Preto.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions.** New York: Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R.T. e GORDON, N. **Landscape ecology.** New York: Wiley & Sons, 1986.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research.**, v. 66, p. 95-106, 2002.

FREIXEDAS-VIEIRA, V. M.; PASSOLD, A. J. & MAGRO, T. C. Impactos do Uso Público – Um Guia de Campo para Utilização do Método VIM. **Anais do II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação.** UICN. p. 296-305. Campo Grande, 2002.

FULLEN, M. A. e GUERRA, A. J. T. The potencial of palm (Borassus) mat geotextiles as a soil conservation technique. Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia.** CD-ROM. São Luís, 2002.

FULLEN, M.A. e CATT, J.A. **Soil Management: problems and solutions.** London: Arnold, 2004.

GARAY, I. & SILVA, B. A. O. Húmus Florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação solo. **Oecologia Brasilienses.** v. I: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros, Rio de Janeiro, v. 1, p. 19-46, 1995.

GOEDERT, W. Qualidade do solo em Sistema de Produção Agrícola. In: **Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo,** 2005, Recife. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-200.

GOMES, L. J. PEDRESCHI, O; SANTOS, R. F. dos; CARMO, M. S. do. 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.

GOMEZ, C.; LE BISSONNAIS, Y.; ANNABI, M.; BAHRI, H.; RACLOT, D. Laboratory Vis-NIR spectroscopy as an alternative method for estimating the soil aggregate stability indexes of Mediterranean soils. **Geoderma**, v. 209-210, p. 86-97, 2013.

GOOSEM, M. Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. In: LAURANCE, W.F. e BIERREGARD, R. O. JR. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997.

GOUDIE, A. **The changing Earth – rates of geomorphological processes**. Oxford: Blackwell, 1995.

GRAEFE, A. R.; KUSS, F. R.; VASKE, J. J. **Visitor Impact management - the planning framework**. Washington D. C. National Parks and Conservation Association, 1990.

GROHMAMM, F. Porosidade. In: MONIZ, A. C. (Org.) **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 77-84.

GUADAGNIN, J. C. BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277-286, Viçosa, 2005.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 149-209.

GUERRA, A. J. T.. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 17-55.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

GUERRA, A. J. T e MENDONÇA, J. K. S. 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, 2004.

GUERRA, A.J.T.; BEZERRA, J.F.R.; LIMA, L.D.M.; MENDONÇA, J.K.S.; GUERRA, T.T.; BUHMANN, C.; PATERSON, D.G.; PIENAAR, G.; NELL, J.P.; MULIBANA, N.E.; DEVENTER, P.W.V.; FULLEN, M.A. Land rehabilitation with the use of biological geotextiles, in two different countries. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia: EDUFU, v. 22, n 3, p. 431-446, 2010.

GUMIERE, S. J.; LE BISSONNAIS, Y.; RACLOT, D. Soil resistance to interrill erosion: Model parameterization and sensitivity. **Catena**, v. 77, p. 274–28, 2009.

GYSSSELS, G.; POESEN, J.; BOCHET, E.; e LI, Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. **Progress in Physical Geography**. v. 22, p. 189–217, 2005.

HAMMITT, W. E.; COLE, D.N. **Wildland Recreation: Ecology and Management**. 2.ed New York: John Wiley and Sons, 1987.

HARRIS, L. D. **The Fragmented Forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity**. Chicago: University of Chicago Press, 1984.

HILLEL, D. **Introduction to Environmental Soil Physics**. Burlington: Academic Press/Elsevier: Amsterdam, 2003.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**. Colorado, v. 56, p. 275-370, 1945.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2ª ed. – Manuais técnicos em geociências, nº 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 300p.

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-cairucu.html>. Acesso em 06 ago. 2012.

ICMBIO. **Relatório da monitoria do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu**. 2011. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cairucu/images/stories/conselho_consultivo/downloads/Relat%C3%B3rio_Monitoria_APA_Cairu%C3%A7u_.pdf. Acesso em 06 ago. 2012.

INTERNATIONAL MOUNTAIN BICYCLING ASSOCIATION (IMBA). **Trail solutions: IMBA's guide to building sweet singletrack**. Boulder, CO: International Mountain Bicycling Association, 2004.

JASTROW, J.D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. **Soil, Biology & Biochemistry**. v. 28, p. 656–676, 1996.

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

KELTING, D.L.; BURGER, J.A.; PATTERSON, S.C.; AUST, W.M.; MIWA, M. & TRETTIN, C.C. Soil quality assessment in domesticated forests – a southern pine example. **Forest Ecology and Management**, v.122, p.167-185, 1999.

KEMPER, W. D. e 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.

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

KINDEL, A. e GARAY, I. Humus forms in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. **Geoderma**. Amsterdam, v. 108, p. 101-118, 2002.

KONG, A. Y. Y.; SIX, J.; BRYANT, D. C.; DENISON, R. F. e KESSEL, C. van. The Relationship between Carbon Input, Aggregation, and Soil Organic Carbon Stabilization in Sustainable Cropping Systems. **Soil Science Society of America Journal**. v. 69, p.1078–1085, 2005.

KROEFF, L. L. **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.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Ed). Soil erosion research methods. Washington. **Soil and Water Conservation Society**. 1988. p. 141-160.

LAL, R. Physical management of the soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**, Baltimore, v. 165, n. 3, p. 191–207. 2000.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **Evaluation on for Sustainable Land Management in the Developing World**. v. 2 ISBRAM. Proc. 12(2). International Board for Soil Research and Management. Bangkok, Tailândia, 1991.

LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DE-MERONA, J.M.; LAURENCE, S.G. **Ecology**. 1998.

LAURANCE, W. F. e BIERREGAARD-JR, R. O. (eds.). **Tropical Forest Remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, 1997.

LAURANCE, W. F. e YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, v. 55, p. 77-92, 1991.

LAURANCE, W. F. e VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 434-451, 2009.

LAURANCE, W. F.; CAROLINA, U. D.; RENDEIRO, J.; KALKA, M; BRADSHAW C. J. A.; SLOAN, S. P.; LAURANCE, S. G.; CAMPBELL, M.; ABERNETHY, K.;

ALVAREZ, P. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. **Nature**, v.489, p.290-294. 2012.

LE BISSONNAIS, Y. Comportement d'agrégates terreux soumis à l'action de l'eau: Analyse des mécanismes de désagrégation. **Agronomie**, v. 8, p. 915-924, 1988.

LE BISSONNAIS, Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: 1. Theory and methodology. **European Journal of Soil Science**, v. 47, p. 425-437, 1996.

LE BISSONNAIS, Y.; BLAVET, D.; DE NONI, G.; LAURENT, J.Y.; ASSELINE, J., CHENU, C. Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables. **European Journal of Soil Science**, v. 58, p. 188–195, 2007.

LECHNER, L. **Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação**. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Cadernos de Conservação, n.3, 2006.

LEMONS, R. C. de. e SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Campinas, 1996.

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

LEUNG, Y. e 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.

LIMA, L. D. da M. **Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub -bacias do médio e alto cursos da Bacia do Rio Macaé / RJ**. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2008.

LIMA, F. da S. **Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança – Nova Friburgo (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de

Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Geografia: Rio de Janeiro, 2010.

LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. Tackling the habitat fragmentation panchreston. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 22, p. 127-132, 2007.

LOUREIRO, H. A. S. **Monitoramento e diagnóstico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ): estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotêxteis de fibra de bananeira**. 216f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2013.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **An equilibrium theory of insular Zoogeography**. [S. L.] *Evolution*, 1963.

MADARI, B. E. **Fracionamento de Agregados: Procedimento para uma Estimativa Compartimentada do Sequestro de Carbono no Solo**. Embrapa Solos: Boletim de pesquisa e Desenvolvimento. v. 22. 10 p. 2004.

MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, 2005. n. 80, p. 185-200, 2005.

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.

MAGRO, T.C. **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, 1999.

MANGUEIRA, J. R. S. A. **A regeneração natural como indicadora de conservação, de sustentabilidade e como base do manejo adaptativo de fragmentos florestais remanescentes inseridos em diferentes matrizes agrícolas**. 2012.

128f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2012.

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

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.

MARQUEZ, C. O.; GARCIA, V. J.; CAMBARDELLA, C. A. ; SCHULTZ, R. C.; ISENHART, T. M. Aggregate-Size Stability Distribution and Soil Stability. **Soil Science Society of American Journal**, v. 68, p.725–735, 2004.

MATLACK, G. R. Vegetation dynamics of the forest edge: trends in space and successional time. **Journal of Ecology**, v. 82. P. 113-123, 1994.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. Sá.; 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.

MEDEIROS, J. C.; CARVALHO, M. C. S. e FERREIRA, G. B. **Embrapa Algodão Sistemas de Produção**. ISSN 1678-8710. 2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado_2ed/index.html. Acesso em 15 fev. 2013.

MELLO, F. A. P. **Ordenamento da malha de trilhas como subsídio ao zoneamento ecoturístico e manejo da visitação no Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu – RJ**. 195f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P. e MELLONI, R. Aplicação de Atributos Físicos do Solo no Estudo da Qualidade de Áreas Impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**. Lavras, 2006. v. 12, n. 3, p. 211-220.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Campinas, v. 18, p. 295-303, 1994.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1999.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. England: Blackwell, 2005.

MONSUETO, R. L.; SILVEIRA, C. S.; AFONSO, F. P. L. A.; QUEIROZ, L. A. V. Análise das Propriedades Físicas do Solo com Base para a Compreensão do Funcionamento Hidrológico de uma Encosta no Município de Teresópolis. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal-RN. **Anais Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2007, CDROM, p. 146-152.

MOURA, J. R. S. ; SILVA, T. M. . **Complexos de Rampa**. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B.. (Org.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 143-176.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58 -62, 1995.

NEIMAN, Z. e RABINOVICI, A. Trilhas na natureza e Sensibilização Ambiental. In: COSTA, N. M. C. da; NEIMAN, Z.; COSTA, V. C. da. (org). **Pelas trilhas do ecoturismo**. São Paulo: Ed. Rima, 2008. p.73-86.

NEIMAN, Z.; CARDOSO-LEITE, E.; PODADERA, D. S. Planejamento e implantação participativos de programas de interpretação em trilhas na “RPPN Paiol Maria”, Vale do Ribeira (SP). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.2, n.1, p.11-34, 2009.

OLIVE, N. D., MARION, J. L. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails. **Journal of Environmental Management**, p. 1483-1493, 2009.

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.

PAGANI, Y. V. **Áreas de proteção ambiental (APAs): a conservação em sistemas de paisagens protegidas: análise da APA Petrópolis/RJ.** Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PASSOLD, A. J. **Seleção de indicadores para o monitoramento do uso público em áreas naturais.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Escola Superior de Agricultura Luiz e Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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

PODWOJEWSKI, P.; POULENARD, J. NGUYET, M. L.; ROUW, A.; NGUYEN, V. T.; HA PHAM, Q.; TRAN, D. C. Climate and vegetation determine soil organic matter status in an alpine inner-tropical soil catena in the Fan Si Pan Mountain, Vietnam. **Catena**, v. 87 p. 226–239, 2011.

POESEN, J. e SAVAT, J. Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash. Part II: detachability and transportability measurements. **Catena**, v. 8, p.19–41, 1981.

POLYAKOV, V.O.; LAL, R. Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall. **Soil Science**.v.169, p. 590–599, 2004.

PULLEMAN, M. M.; BOUMA, J.; VAN ESSEN, E. A.; MEIJLES, E. W. Soil organic matter content as a function of different land use history. **Soil Science Society of America Journal**. v. 64, p.689-693, 2000.

PUTZ, S.; GROENEVELD, J.; ALVES, L. F.; METZGER, J. P.; HUTH, A. Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: A modelling study for Brazilian Atlantic forests. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 222, p. 1986-1997, 2011.

RANGEL, L. A. e 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: **Anais do II Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de**

Trilhas / I Colóquio Brasileiro para a Red Latinoamericana de Senderismo, UERJ, 16 a 18 de outubro de 2013, p. 790-808, 2013a.

RANGEL, L. A. e GUERRA, A. J. T. A Qualidade do Solo como Indicadora de Erosão em Trilhas na Área de Proteção Ambiental do Cairuçu – Paraty. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 540-554, 2013b.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. & CORRÊA, G. F. **Pedologia: Bases para Distinção de Ambientes**. 4ª ed. Viçosa: Núcleo de Estudos de Planejamento e Uso da Terra - NEPUT, 2002. 338p.

RODRIGUES, P. J. F. P. e NASCIMENTO M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, v. 57, p. 63-74, 2006.

ROOSE, E.; BARTHES, B. Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from Francophone research. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v. 61, p. 159–170, 2001.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de Manejo e Matéria Orgânica do Solo. In. ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (org.) **Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: Modelagem Matemática e Métodos Auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 11-21, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, A. A. B. **Conselhos gestores de Unidades de Conservação**. 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SARAIVA, A. C. R. Impactos aos atributos físicos do solo em trilhas ocasionados pelo ecoturismo em Ubatuba-SP. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 17, n. 29, p.32-40, 2011.

SATHLER, R.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A. J. T.; BARROSO, E. V. Caracterização de Voçorocas na Ilha do Maranhão. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro: UFRJ. v. 32, p. 34-45, 2009.

SEABRA, L. **Determinação da Capacidade de Carga Turística para a Trilha Principal de Acesso à Cachoeira de Deus, Penedo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1999. 177p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Construção e Manutenção de Trilhas**. São Paulo: Fundação Florestal, 2009. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/fundacao_florestal/ManualdasTrilhasfinal07-09.pdf. Acesso em: 22 jul. 2013.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle**. IPEF, n.163, 1988.

SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil and Tillage Research**., v. 87, p. 194-204, 2006.

SILVÉRIO, P. F. e GONÇALVES, C. Influência dos métodos de determinação de carbono orgânico em solos nos estudos de qualidade da água subterrânea e de avaliação de risco. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas** - Natal, 2008.

SIMIQUELI, R. F. e FONTOURA, L. M. Manejo de trilhas: estratégias para a conservação ecológica em áreas naturais protegidas. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. CD-ROM.

SIX, J., ELLIOTT, E.T.; e PAUSTIAN, K.; e DORAN, J. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**. v. 62, p. 1367–1377, 1998.

SMETS, T.; POESEN, J.; BHATTACHARYYA, R.; FULLEN, M.A.; SUBEDI, M.; BOOTH, C.A.; KERTÉSZ, A.; SZALAI, Z.; TOTH, A.; JANKAUSKAS, B.; JANKAUSKIENE, G.; GUERRA, A.; BEZERRA, J.F.R.; ZHENG YI; PANOMTARANICHAGUL, M.; BUHMANN, C.; PATERSON, D.G. Evaluation of biological geotextiles for reducing runoff and soil loss under various environmental conditions using laboratory and field plot data. **Land Degradation & Development**. v 22, p. 480-494, 2011.

SULLIVAN, L.A. Soil organic matter, air encapsulation and water stable aggregation. **Journal Soil Science**, v. 41, p. 529-534, 1990.

TAKAHASHI, L. Y. **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.

TILMAN, D.; MAY, R M.; LEHMAN, C. L. e NOWAK, M. A. **Habitat destruction and the extinction**. 1994.

TISDALL, J.M. e OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal Soil Science**. v. 33, p. 141–163, 1982.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

TROTT, K.E. e SINGER, M.J. Relative erodibility of 20 California range and forest soils. **Soil Science Society of America Journal**. v. 47, p. 753-759, 1983.

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

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

VEZZANI, F. M. e MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

WILD, A. **Soils and the environment: an introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 278p.

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.

ZAUJEC, A. Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest ecosystem. **Ekologia-Bratislava**. v. 20, p. 133–139, 2001.

ZHANG, B. e HORN, R. Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. **Geoderma**. v.99, n.1-2, p.123-145, 2001.

ZIMMERMAN, B. L. e BIERREGAARD, R. O. Relevance of the equilibrium theory of island biogeography with an example from Amazonia. **Journal Biogeography**. v. 13, n. 2, p. 133-143, 1986.