

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

**GEOTURISMO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: A  
UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NO LITORAL DO PARQUE  
NACIONAL DA SERRA DA BOCAINA – PARATY (RJ)**

**LUANA DE ALMEIDA RANGEL**

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2018

**Luana de Almeida Rangel**

**GEOTURISMO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: A  
UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NO LITORAL DO PARQUE  
NACIONAL DA SERRA DA BOCAINA – PARATY (RJ)**

Tese de Doutorado 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 Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

R196g Rangel, Luana de Almeida  
Geoturismo em Unidades de Conservação: a  
utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da  
Serra da Bocaina - Paraty (RJ) / Luana de Almeida  
Rangel. – Rio de Janeiro, 2018.  
203f.

Orientador: Antonio José Teixeira Guerra.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de  
Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2018.

1. Geomorfologia. 2. Microtopografia do solo. 3.  
Processos Erosivos. 4. Uso Público. 5. Protocolo de  
Avaliação Rápida. I. Guerra, Antonio José Teixeira, orient.  
II. Título.

Luana de Almeida Rangel

**GEOTURISMO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: A  
UTILIZAÇÃO DE TRILHAS NO LITORAL DO PARQUE  
NACIONAL DA SERRA DA BOCAINA – PARATY (RJ)**

Tese de Doutorado 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 Doutora em Ciências.

Aprovada em 06/02/2018, por

---

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

---

André de Souza Avelar, D.Sc. (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ)

---

Kátia Leite Mansur, D.Sc. (Departamento de Geologia – IGEO/UFRJ)

---

Antonio Soares da Silva, D.Sc (Departamento de Geografia – IGEOG/UERJ)

---

Maria do Carmo de Oliveira Jorge (Doutora em Geografia/UFRJ)

## AGRADECIMENTOS

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

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e ao CNPq e FAPERJ pelo financiamento desta pesquisa através de projetos do LAGESOLOS.

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

À minha ex-orientadora da Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território (ENCE-IBGE), Rosangela Botelho, pela parceria no desenvolvimento de parte da metodologia aplicada na pesquisa.

Aos professores, Evaristo de Castro Junior (*in memoriam*) 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 integrantes do LAGESOLOS que participaram do desenvolvimento desta pesquisa, Aline Muniz, Armando Brito, Diego Janoti, Domyinique Santos, Leonardo Pereira, Maria do Carmo Jorge, Raphael David e Yolanda Molinaro, e em especial ao Hugo Lourenço e Rafael Carvalho, por todo auxílio nos trabalhos de campo.

À toda comunidade da Vila de Trindade.

A todos os motoristas do IGEO, em especial ao Eduardo, que esteve presente em todos os meus trabalhos de campo.

## RESUMO

RANGEL, Luana de Almeida. **geoturismo em Unidades de Conservação: a utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina - Paraty (RJ)**. Rio de Janeiro, 2018. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

As Unidades de Conservação (UCs) são áreas delimitadas e protegidas por lei que visam conservar os recursos naturais e a biodiversidade. O geoturismo vem ganhando relevância dentro das UCs, pois é uma vertente do turismo, que tem como objetivo valorizar e estimular a conservação do patrimônio geológico e geomorfológico. Os atrativos geoturísticos podem estar relacionados à áreas de fragilidade ambiental, à utilização de recursos hídricos para lazer e podem estar localizados em áreas de difícil acesso, sendo necessária abertura de trilhas. Logo, a atividade geoturística, pode ser uma forma de conservação do ambiente natural. Porém, a utilização de trilhas geoturísticas pode acarretar impactos quando não há planejamento e manejo adequados para sua implementação e utilização. A presente pesquisa tem como objetivo analisar a importância do incentivo à atividade geoturística, sugerindo mecanismos que visem a divulgação de conhecimentos sobre o meio físico local, a fim de promover a geoconservação da Piscina Natural Caixa D’Aço (PNCA), localizada no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB). Aliado a isso, é realizada a avaliação do impacto da utilização de duas trilhas (trilha Praia do Meio-Praia Caixa D’Aço e trilha Praia Caixa D’Aço- Piscina Natural) que permitem acesso à PNCA. Para avaliação da qualidade dos solos nas trilhas, foram realizadas análises das propriedades físicas (estabilidade de agregados, textura, densidade, porosidade) e químicas (pH e matéria orgânica) dos solos das trilhas. Além disso, foram avaliadas a microtopografia do solo - a partir do método de pontes de erosão - e a compactação do solo - através do uso de penetrômetro. Foram realizados diversos trabalhos de campo entre 2014 e 2017, onde foram feitas coletas de amostras de solo nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm; também foram observados e avaliados o potencial geoturístico, os impactos do uso público e alterações no ambiente das trilhas a partir da utilização de um Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha (PAR-TM). A partir disso, foi possível observar que as duas trilhas estão sofrendo com o impacto do pisoteio, do uso intensivo e com a degradação das estruturas de manejo. Além disso, a área possui conflitos entre a proposta de UC de Proteção Integral e os usos atuais, pois, diversas atividades que são desenvolvidas estão em desacordo com os preceitos de uma UC de uso restritivo. Conclui-se, a partir da avaliação do potencial geoturístico do litoral do PNSB, que a piscina natural Caixa D’Aço necessita de estratégias para sua conservação. Além disso, é necessário investir na divulgação da importância do patrimônio geológico e geomorfológico. Ademais, através da análise das áreas impactadas das trilhas foi possível nortear o planejamento e o manejo, e sugerindo formas de recuperação das áreas degradadas nas trilhas e no seu entorno, visando a conservação das áreas protegidas.

**Palavras-Chave:** Geomorfologia; Processos Erosivos; Uso Público em Unidades de Conservação; Protocolo de Avaliação Rápida; Microtopografia do solo.

## ABSTRACT

RANGEL, Luana de Almeida. **geoturismo em Unidades de Conservação: a utilização de trilhas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina - Paraty (RJ)**. Rio de Janeiro, 2018. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Protected Areas (PA) are natural areas delimited by laws that aim to preserve natural resources and biodiversity. In this sense, geotourism becomes relevant within the PA, because is a type of tourism that aims to value and to promote the conservation of geological and geomorphological features, providing the approach and understanding of Geosite visited. The geotouristic attractions can be related to areas of environmental fragility, to the use of water resources for leisure and may be located in areas of difficult access, and it is necessary to open trails. Therefore, geotourism activity can be a way of conserving the natural environment. However, the use of geotourism trails can have impacts when there is no adequate planning and management for its implementation and use. This research aims to analyze the importance of the incentive to geotourism, suggesting mechanisms that aim to disseminate knowledge about the local physical environment, in order to promote the geoconservation of the *Piscina Natural do Caixa D'Aço* (PNCA), located on the coast of Serra da Bocaina National Park (SBNP). Allied to this, it is intended to carry out the evaluation of the impact of the use of two trails (the *Praia do Meio-Praia Caixa D'Aço* trail and the *Caixa D'Aço-Piscina Natural* trail) that allow access to the PNCA. In order to evaluate soil quality in the trails, physical properties (aggregate stability, texture, density, porosity) and chemical (pH and organic matter) of the soils of the trails were analyzed. In addition, soil microtopography - using the erosion bridges method - and soil compaction - through the use of penetrometer, were evaluated. Several field studies were carried out between 2014 and 2017, where soil samples were collected at depths of 0-10cm and 10-20cm; the geotourism potential, the impacts of public use and changes in the environment of the trails were also observed and evaluated by using a Rapid Assessment Protocol for Mountain Trails (RAP-MT). From this, it was possible to observe that the two trails are suffering from the impact of trampling, intensive use and degradation of management structures. In addition, there are several conflicts between the managers of the Park and the local population, because, several activities that are developed, are in disagreement with the precepts of a restrictive UC. Based on the potential geotouristic of the PNSB coast, it is concluded that the PNCA need strategies for its conservation. In addition, it is necessary to invest in the dissemination of the importance of geological and geomorphological heritage. In addition, through the analysis of the impacted areas of the trails, it was possible to guide planning, management, and suggest ways of recovering the degraded areas in the trails and their surroundings, aiming at the conservation of protected areas.

**Key-words:** Geomorphology; Erosive Processes; Public Use in Conservation Units; Rapid Assessment Protocol; Soil Microtopography.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação dos graus de conservação e das categorias de manejo das áreas naturais protegidas propostas pela IUCN. Fonte: Pellizzaro et al. (2012). .....	12
Figura 2. Quadro conceitual de geodiversidade, geopatrimônio e geoconservação, levando em consideração o escopo da geoconservação. Fonte: Traduzido de Brilha (2016). .....	30
Figura 3. Valores limites de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt) e macroporosidade (Mp). Fonte: Andrade e Stone (2009). .....	48
Figura 4. Mapa de localização das trilhas analisadas no PNSB. Elaboração própria, 2018. ....	51
Figura 5. Mapa de localização da Vila de Trindade com identificação das praias. Fonte: Santos (2016). .....	52
Figura 6. Histograma de Precipitação Média Total Anual – PNSB e Zona de Amortecimento. Fonte: MMA (2002). .....	53
Figura 7. (a) Perfil morfo-estrutural interpretado do Rifte do Paraíba do Sul (Gráben de Taubaté) e do Rifte Litorâneo (Sub-Gráben de Paraty). (b) Imagem de satélite com a interpretação estrutural detalhada do Gráben da Guanabara; subdividido em sub-grábens da Baía, Guandu-Sepetiba e Paraty, pelas Zona de Transferência Tinguá-Tijuca e Zona de Acomodação de Ilha Grande-Sepetiba. Fonte: Zalán e Oliveira (2005). .....	55
Figura 8. Mapa geológico da zona de amortecimento do litoral do PNSB. Fonte: MMA (2002). .....	56
Figura 9. Mapa geológico da Vila de Trindade. Fonte dos dados: CPRM (escala 1:250.000). .....	57
Figura 10. Mapa Geomorfológico da área de estudo, em detalhe a Vila de Trindade. Fonte: Adaptado de Silva (2014). .....	59
Figura 11. Mapa de Solos da área de estudo em detalhe a Vila de Trindade. Fonte: Adaptado de Silva (2014). .....	61
Figura 12. Floresta Ombrófila Densa nas trilhas para a Piscina do Caixa D’Aço, no PNSB. Foto: L. A. Rangel (2014). .....	62
Figura 13. Esquema da área de borda da trilha, definida pelo buffer de 5 metros. Elaboração própria (2016). .....	68
Figura 14. Medição da capacidade de penetração no leito da trilha PNC através da utilização do penetrômetro. Foto: L. A. Rangel (2016). .....	71
Figura 15. Abertura de trincheira para coleta de blocos para realização da estabilidade de agregados. Fotos: L. A. Rangel (2015). .....	72



Figura 16. Processo de coleta e análise das amostras para determinação da estabilidade de agregados em água. Fonte: Rangel (2014). .....	73
Figura 17. Erlenmeyers antes da titulação (esquerda); e após a mudança da coloração da solução para verde, encerrando a titulação. Fonte: Rangel (2014).....	75
Figura 18. (a) Ponte de erosão utilizada na trilha para a Praia Caixa D’Aço. Foto: L. A. Rangel (2016). (b) Monitoramento da microtopografia do solo utilizando a ponte de erosão. Foto: L. A. Rangel (2017). (c) Visão de cima do nivelamento e da marcação em centímetros na régua da ponte de erosão. Fonte: Rangel e Guerra (2018). .....	78
Figura 19. Primeiro ponto de coleta na trilha PMC, com ravina no leito da trilha e exposição de horizonte C. ....	96
Figura 20. Deslizamento no talude superior do ponto 2, na trilha PMC. Foto: L. A. Rangel (2017) .....	102
Figura 21. Análise da microtopografia do solo, através da ponte de erosão, em PE 1 da trilha PMC em junho de 2016. A seta em amarelo indica ravina com acúmulo de serapilheira e o destaque em vermelho indica início de exposição do horizonte C. Foto: L. A. Rangel (2016). .....	119
Figura 22. Microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em outubro de 2016, com vegetação presente no talude superior e ravinas no leito (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2016). .	122
Figura 23. Microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em janeiro de 2017, com pequeno deslizamento no TS e deposição de serapilheira no leito (seta em vermelho), ravinas monitoradas (setas em amarelo) e estaca de nivelamento ainda presente (destaque em laranja). Foto: L. A. Rangel (2017). .....	123
Figura 24. Alterações significativas no ambiente e na microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em fevereiro de 2017, com deslizamento no talude superior e soterramento da estaca no talude superior (detalhe ‘b’), erosão da estaca de nivelamento no talude inferior (detalhe ‘a’) e deposição de material no leito da trilha onde antes existiam ravinas (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2017). .....	123
Figura 25. Situação do ambiente e da microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em setembro de 2017, com criação de atalho já consolidado onde ocorreu deslizamento no talude superior (detalhe) e acúmulo de serapilheira em ravinas no leito da trilha (setas amar .....	124
Figura 26. Análise da microtopografia do solo em PE 3 na trilha PNC. Ravina com acúmulo de serapilheira (seta amarela), raízes expostas e blocos rochosos no leito. Foto: L. A. Rangel (2016). .....	126

Figura 27. Análise da microtopografia do solo em PE 4 na trilha PNC. Ravinas no leito da trilha com acúmulo de serapilheira (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2016).....	128
Figura 28. Análise da microtopografia do solo em PE 4. A seta em vermelho indica o atalho que foi criado após o primeiro monitoramento em junho de 2016 (no detalhe em vermelho) e a seta em amarelo indica o caminho que era percorrido na trilha antes da criação do atalho. Fotos: L. A. Rangel (2016).....	129
Figura 29. Vista da praia do Caixa D’Aço no dia 20 de junho de 2017. Chuva intensa e ressaca do mar impediram a chegada até a trilha PNC. Foto: Hugo Alves (2017).....	130
Figura 30. Fluxo superficial de água, sedimentos e serapilheira durante evento chuvoso na trilha PMC em junho de 2017. Foto: Hugo Alves (2017).....	131
Figura 31. Perfil de elevação e localização dos pontos de coleta na trilha PMC. Adaptado do Google Earth. Fonte da imagem: Digital Globe (2015). .....	132
Figura 32. Perfil de elevação e localização dos pontos de coleta na trilha PNC. Adaptado do Google Earth. Fonte da imagem: Digital Globe (2015) .....	134
Figura 33. Impactos e degradações observadas na trilha PMC. (a) Ravina com acumulação de serapilheira leito da trilha (seta em vermelho) ao lado de estrutura de manejo danificada (destaque em amarelo). (b) Ponto onde os usuários têm dificuldade para se locomover: escada bastante danificada com degraus já erodidos (no detalhe), blocos e raízes expostos (destaque em laranja). Fotos: L. A. Rangel (2015).....	138
Figura 34. Impactos observados na trilha PNC. (a) Erosão acelerada com presença de ravina (em vermelho) e afundamento do leito. (b) Alagamento no leito (em vermelho) e presença de blocos rochosos. Fotos: L. A. Rangel (2015). .....	139
Figura 35. Exemplos de perda de borda inferior e estreitamento do leito nas trilhas PMC (a) e PNC (b). Fotos: L. A. Rangel (2016). .....	140
Figura 36. Exemplo de trecho com elevada declividade na trilha PMC. Foto: L. A. Rangel (2015). .....	141
Figura 37. Exemplo de estruturas de manejo degradadas (destaque em vermelho e branco) e pontos de alagamento (em amarelo) na trilha PNC. Fotos: L. A. Rangel (2015).....	142
Figura 38. Pontos de alagamento (em vermelho). (a) Presença de blocos rochosos de tamanho superior a 1 metro de altura na trilha PNC; (b) Presença de raízes no leito da trilha PNC. Fotos: L. A. Rangel (2015).....	142
Figura 39. Exemplo de lixo deixado na área de borda e nas trilhas PMC e PNC. Fotos: L. A. Rangel (2016). .....	143

Figura 40. Exemplos de pontos de interesse geológicos e de beleza cênica na vila de Trindade. (a) Praia do Meio no detalhe (em vermelho) os blocos que formam a piscina natural Caixa D’Aço. (b) Sítio de geodiversidade na Praia Caixa D’Aço. Fotos: L. A. Rangel (2015).....	149
Figura 41. Escola do Mar e casa de farinha caiçara em Trindade. Local será utilizado para divulgação da cultura caiçara e ações educativas. Fonte: Reprodução Associação de Moradores de Trindade (AMOT) (2018).....	150
Figura 42. Visão aérea da Piscina Natural Caixa D’Aço. Imagem: Digital <i>Globe</i> (2015). Fonte: Google Earth.....	151
Figura 43. Piscina Natural vista do final da trilha. Foto: L. A. Rangel (2014). ....	152
Figura 44. (a) Folheto informativo do PNSB avisando sobre o limite do número de visitantes. Fonte: ICMBIO (2014). (b) Atividade de venda de bebidas irregular na PNC. Fotos: Stella Peres Mendes (2014). (c) Placa de recomendações e normas na Piscina Natural. Foto: L. A. Rangel (2016). (d) Barco dentro da PNC colocando em risco os visitantes e impactando negativamente no ecossistema. Fotos: L. A. Rangel (2014).....	155
Figura 45. Elementos da geodiversidade presentes na piscina natural Caixa D’Aço. Foto: L. A. Rangel (2016). ....	157
Figura 46. Exemplo do potencial didático da PNCA - processos de intemperismo químico, como a esfoliação esferoidal (destaque em vermelho) e fraturas nas rochas. Fotos: L. A. Rangel (2016). ....	158
Figura 47. Feições de geodiversidade presentes na Vila de Trindade. (a) Vista da Cabeça do Índio (no detalhe) a partir da Praia da Caixa D’Aço. Fotos: (a) Álvaro B.S. Jr. (2010) e (b) L. A. Rangel (2016). (b) Cachoeira do Pontal Poço Fundo, na Vila de Trindade, Paraty (RJ). Foto: L. A. Rangel, 2016. ....	160
Figura 48. Mapa da Zona de Uso Intensivo – segmento Trindade. Fonte: MMA (2002).....	162
Figura 49. Folheto distribuído pelo Parque Nacional da Serra da Bocaina com informações para os turistas. Fonte: SOS Mata Atlântica (2014).....	164
Figura 50. Evolução da ocupação na praia do Meio em Trindade. (a) Quiosque e bares (vermelho) e ancoradouro de barcos (amarelo) em 2003. (b) Expansão de quiosques e bares (vermelho) em 2010. (c) Quiosques e bares removidos pelo Parque (vermelho) e manutenção do ancoradouro (amarelo) em 2015. Fonte: Loureiro, Rangel e Guerra (2017).....	165
Figura 51. Abandono da praia do Meio em outubro de 2014. (a) Falta de estrutura para receber turistas, banheiros danificados e contêiner do Corpo de Bombeiros. (b) lixo acumulado na praia. ....	166

Figura 52. a) Vista de Praia do Meio em abril de 2015, quando ainda havia um contêiner do Corpo de Bombeiros que abrigava guarda-vidas (esse contêiner foi retirado em 2016). (b) Concentração de pessoas, barracas e ambulantes na praia do Meio em janeiro de 2017. Fotos: L. A. Rangel (2015 e 2017). .....	167
Figura 53.(a) Pessoas se arriscando, na maré alta, para tentar acessar a trilha para a Praia Caixa D’Aço. Foto: L. A. Rangel (2015). (b) Espuma branca e esgoto aparente no córrego em dia de maré alta em junho de 2017. Foto: L. A. Rangel (2017). .....	168
Figura 54.Exemplos de depredação e retirada de placas de aviso instaladas pela gestão do PNSB. Fotos: L. A. Rangel (2015). .....	169
Figura 55. Outubro de 2016 - Estrutura improvisada para venda de bebidas na piscina natural Caixa D’Aço. No detalhe: acúmulo de lixo e placa, instalada pelo PNSB, destruída. Foto: L. A. Rangel (2016). .....	170
Figura 56.Setembro de 2017 - Retirada da cobertura da construção e acúmulo de lixo (destaque em vermelho). Foto: L. A. Rangel (2017). .....	171
Figura 57. Exemplo de atalho que já havia sido interditado pelos gestores do PNSB (placa destacada em laranja) e foi reaberto recentemente (cerca que foi retirada destacada em azul). Foto: Luana de A. Rangel (2017) .....	174

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 1 a 4. Análise da normalidade das classes texturais encontradas nos pontos de coleta em PMC e PNC. (5) refere-se à areia grossa; (6) refere-se à areia fina; (7) refere-se à argila; (8) refere-se ao silte. Todas as análises apresentaram $p\text{-valor} < 0,05$ .....	98
Gráfico 5. Valores de densidade do solo e porosidade total no leito das trilhas PMC e PNC, na profundidade de 0-10cm, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%). .....	100
Gráfico 6. Valores de densidade do solo e porosidade total no leito das trilhas PMC e PNC, na profundidade de 10-20cm, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%). .....	101
Gráfico 7. Variações nos índices de resistência à penetração nas trilhas PMC e PNC.....	105
Gráfico 8. Distribuição de macro e micro agregados do solo nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 0-10 cm.....	111
Gráfico 9. Distribuição de macro e micro agregados do solo nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 10-20 cm.....	112
Gráfico 10. Evolução da microtopografia do solo no primeiro ponto da trilha PMC, em junho e outubro de 2016, fevereiro, julho e setembro de 2017.....	118
Gráfico 11. Evolução da microtopografia do solo no segundo ponto da trilha PMC em junho e outubro de 2016 .....	121
Gráfico 12. Evolução da microtopografia do solo no terceiro ponto na trilha PNC em junho e outubro de 2016, fevereiro e setembro de 2017.....	125
Gráfico 13. Evolução da microtopografia do solo no quarto ponto na trilha PNC em junho e outubro de 2016, fevereiro e setembro de 2017.....	127

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais funções das categorias de manejo das áreas naturais protegidas. Modificado de: Pellizzaro et al. (2012). .....	13
Quadro 2. Comparação entre as categorias de Áreas Protegidas propostas pela IUCN e as categorias de Unidades de Conservação do SNUC. Modificado de: Delelis et al. (2010).....	14
Quadro 3. Características das Unidades de Conservação de Proteção Integral segundo a Lei Federal nº 9.985 – SNUC (2000). Fonte: Modificado de Vallejo (2009). .....	15
Quadro 4. Características das Unidades de Conservação de Uso Sustentável segundo a Lei Federal nº 9.985 – SNUC (2000). Fonte: Modificado de Vallejo (2009). .....	15
Quadro 5. Aspectos físicos para caracterização geográfica de uma Unidade de Conservação. Fonte: Modificado de Vallejo (2009). .....	16
Quadro 6. Aspectos socioeconômicos para caracterização geográfica de uma Unidade de Conservação. Fonte: Modificado de Vallejo (2009). .....	17
Quadro 7. Categorias de valores da geodiversidade de acordo com Gray (2004). Fonte: Jorge (2017). .....	27
Quadro 8. Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha (PAR-TM). .....	82
Quadro 9. Descrição dos doze parâmetros analisados no PAR-TM. .....	84
Quadro 10. Recomendações para o desenvolvimento do geoturismo em áreas potenciais.....	87
Quadro 11. Valoração da geodiversidade.....	89
Quadro 12. Avaliação qualitativa da geodiversidade na vila de Trindade (dentro e fora dos limites do PNSB) a partir da metodologia de Gray (2004). .....	144
Quadro 13. Características para análise do potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D’Aço. ....	153
Quadro 14. Valores da Geodiversidade da Piscina Natural Caixa D’Aço – Vila de Trindade .....	156
Quadro 15. Valoração do sítio de geodiversidade da piscina natural Caixa D’Aço a partir dos serviços ecossistêmicos .....	158
Quadro 16. Síntese de alterações observadas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina .....	173

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 0-10 cm. ....	93
Tabela 2. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 10-20 cm. ....	94
Tabela 3. Resultados das análises granulométricas em porcentagem e classificação textural da borda da trilha PMC. ....	95
Tabela 4. Resultados das análises granulométricas em porcentagem e classificação textural da borda da trilha PNC. ....	95
Tabela 5. Comparação dos valores de densidade de partículas nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. ....	99
Tabela 6. Comparação dos valores de densidade do solo nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. ....	103
Tabela 7. Comparação dos valores de porosidade do solo nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. ....	104
Tabela 8. Comparação dos valores de resistência à penetração nas trilhas PMC e PNC. ....	106
Tabela 9. Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 0-10 cm. ....	108
Tabela 10. Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 10-20 cm. ....	110
Tabela 11. Resultado simplificado da estabilidade de agregados e das propriedades químicas do solo na profundidade de 0-10 cm. ....	114
Tabela 12. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 10-20 cm. ....	115
Tabela 13. Estimativa da área de solo erodida no leito das trilhas PMC e PNC a partir do monitoramento da microtopografia. ....	129
Tabela 14. Características gerais dos trechos de acordo com o PAR-TM aplicado nas trilhas para a piscina Caixa D'Aço, no PNSB, em Paraty (RJ). ....	136
Tabela 15. Pontuação do PAR-TM aplicado nas trilhas para a para a piscina do Caixa D'Aço, no PNSB, em Paraty (RJ). ....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Áreas de Protegidas

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

IUCN - *International Union for Conservation of Nature*

LAGESOLOS – Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos

MO – Matéria Orgânica

MOS - Matéria Orgânica do Solo

QS - Qualidade do Solo

PAR-TM – Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha

PNSB – Parque Nacional da Serra da Bocaina

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

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Justificativas.....	5
1.2	Objetivos.....	8
1.2.1	Geral.....	8
1.2.2	Específicos.....	8
CAPÍTULO 2	REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL.....	9
2.1	Unidades de Conservação .....	9
2.1.1	Sistema Nacional de Unidades de Conservação.....	13
2.1.2	Desafios para a Gestão de Unidades de Conservação .....	18
2.1.3	Unidades de Conservação de Proteção Integral: Parques Nacionais.....	23
2.2	Geoturismo em Unidades de Conservação .....	24
2.2.1	Trilhas e sua importância para o geoturismo.....	31
2.2.2	Métodos de avaliação de trilhas .....	34
2.3	Qualidade do solo como ferramenta para avaliação de impactos em trilhas .....	38
2.3.1	Microtopografia do solo .....	39
2.3.2	Estabilidade dos agregados na erosão do solo pela água.....	40
2.3.3	Matéria orgânica e carbono orgânico do solo.....	43
2.3.4	Textura e Porosidade .....	45
2.3.5	Compactação do solo.....	46
2.3.6	pH do solo.....	48
CAPÍTULO 3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
3.1	Parque Nacional da Serra da Bocaina.....	50
3.1.1	Caracterização climática.....	52
3.1.2	Caracterização geológico-geomorfológica .....	54
3.1.3	Caracterização pedológica.....	59
3.1.4	Vegetação.....	61
3.2	A Vila de Trindade .....	63
3.2.1	Aspecto histórico e conflitos pela manutenção da cultura caiçara .....	63
CAPÍTULO 4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	67
4.1	Análise dos impactos nas trilhas.....	67
4.1.1	Propriedades físicas do solo .....	69
4.1.1.1	Textura.....	69

4.1.1.2 Densidade do solo.....	70
4.1.1.3 Densidade de partículas.....	70
4.1.1.4 Porosidade total.....	70
4.1.1.5 Capacidade de Penetração do solo.....	70
4.1.1.6 Estabilidade de agregados em água.....	71
4.1.2 Propriedades químicas do solo.....	74
4.1.2.1 Teor de matéria orgânica.....	74
4.1.2.2 pH do solo.....	75
4.1.3 Análise estatística.....	76
4.1.4 Microtopografia do solo.....	76
4.1.5 Grau de dificuldade e perfil de elevação.....	79
4.1.6 Protocolo de Avaliação Rápida para trilhas de montanha (PAR-TM).....	81
4.2 Análise do potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D’Aço.....	86
CAPÍTULO 5 AVALIANDO AS TRILHAS.....	91
5.1 Propriedades físicas e químicas dos solos.....	91
5.1.1 Avaliação da textura do solo.....	95
5.1.2 Avaliação da compactação dos solos.....	99
5.1.2.1 Análise da densidade de partículas.....	99
5.1.2.2 Análise da densidade do solo e da porosidade.....	100
5.1.2.3 Análise da capacidade de penetração.....	105
5.1.3 Avaliação da estabilidade de agregados.....	107
5.1.4 Avaliação do pH e matéria orgânica.....	113
5.2 Avaliação da microtopografia do solo.....	117
5.2 Avaliação do grau de dificuldade das trilhas.....	131
5.3 Análise do PAR-TM.....	135
CAPÍTULO 6 POTENCIAL GEOTURÍSTICO.....	144
6.1 Potencial do geoturismo na vila de Trindade.....	144
6.1 Inventário do sítio de geodiversidade.....	151
6.3 Impactos do uso público.....	160
6.3.1 Ações propostas para a Vila de Trindade.....	160
6.3.2 Alterações na paisagem e no uso do solo.....	163
CAPÍTULO 7 SÍNTESE DOS IMPACTOS NA VILA DE TRINDADE.....	172
CAPÍTULO 8 CONCLUSÕES.....	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	180

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

As inquietações referentes às questões ambientais e o aumento da conscientização da sociedade para a racionalização do uso dos recursos naturais, colocaram em xeque o modelo de sociedade e contribuíram para o desenvolvimento de estudos que colaboraram para criação de um pensamento que tem no ambiente, o objeto de reflexão. Essa conscientização crescente nas últimas décadas, enfatiza que homem e natureza não podem ser pensados separadamente, havendo relações profundas entre eles. Há, portanto, a necessidade de preservar o ambiente, conciliando uso e conservação dos recursos naturais. (NOVAES, 2003; GUERRA; MARÇAL, 2012; RANGEL *et al.*, 2015a).

O conceito de meio ambiente aumenta a concepção de conservação e preservação dos ecossistemas e traz consigo a tomada de medidas legais para manter a biodiversidade e mitigar problemas resultantes da devastação de séculos de uso (ANDRADE, 2005; COSTA, 2008; IRVING, 2008; MENDES, 2010; ARAÚJO *et al.* 2013; PUREZA *et al.* 2015) como a retirada constante de cobertura florestal.

Uma das consequências da conversão da cobertura florestal em pastagens, áreas industriais e agrícolas e centros urbanos, é a perda da diversidade biológica e a fragmentação do habitat original. Como forma de reação social frente às questões ambientais e visando a redução da retirada de cobertura florestal e a conservação de recursos naturais, foram criadas Unidade de Conservação (CASTRO JUNIOR *et al.*, 2009; PUREZA *et al.* 2015).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2000) uma Unidade de Conservação (UC) é um território, incluindo seus recursos naturais, com características ambientais significativas, que têm a função de resguardar amostras importantes e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando os recursos naturais e minerais – como solos, geologia, recursos hídricos, paisagens - existente. Além disso, essas áreas devem assegurar às populações tradicionais o uso sustentável da natureza e ainda propiciar às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis. Elas podem ser de Proteção Integral – mais restritivas - ou de Uso Sustentável – menos restritivas. Logo, uma UC pode agregar a função de instrumento de manutenção de recursos naturais e de gestão territorial, adotando desde a proteção integral da natureza, até a gestão ordenada do território e dos bens que o ser humano pode obter dos ecossistemas.

O conceito contemporâneo de Parque surge em 1870, nos Estados Unidos, com a criação do *Parque Nacional de Yellowstone*. A implementação do parque foi influenciada pelas

ideias de preservação com o objetivo de manter remanescentes intocados para contemplação (CASTRO JUNIOR *et al.* 2009)

Assim, a ideia de parque, por muito tempo, foi 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 decretou a criação do primeiro parque nacional, o Parque Nacional do Itatiaia, marcando o início efetivo da política de estabelecimento e gerenciamento de unidades de conservação no Brasil.

Apesar da criação do Parque Nacional do Itatiaia ter ocorrido em 1937, só em 1981 o conceito de Parque Nacional foi firmado pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, onde afirmava-se que:

Parques Nacionais são áreas maiores de 10 km<sup>2</sup> com características espetaculares ou únicas, em terra ou no mar, sob controle do poder público. Eles devem conter amostras representativas de ecossistemas e ser administráveis em um estado natural. Toda atividade produtiva ou uso direto de recursos é proibida nos seus limites, e cada Parque é sujeito apenas ao uso indireto de seus recursos (IBDF, 1981).

Assim, os visitantes poderiam usufruir de lazer contemplativo e turístico e os pesquisadores podem desenvolver projetos de investigação sob o controle da administração de cada Parque. Diante disso, destaca-se que uma das razões para a criação de um Parque Nacional é a existência de atrativos naturais que possibilitem a integração de atividades de lazer com a educação e sensibilização ambiental da população. Apesar disso, Moreira (2008) afirma que nas UCs brasileiras a maior parte dos meios interpretativos está centrada nos aspectos bióticos, deixando em segundo plano os aspectos geológicos e geomorfológicos. Assim, as UCs estão mais voltadas para a conservação e contemplação e não para a realização de atividades interpretativas.

Moreira (2008), Mansur (2010), Nascimento *et al.* (2007) e Mansur *et al.* (2013) destacam que grande parte das UCs não possui meios interpretativos, nem treinamentos específicos para condutores e funcionários que abranjam os aspectos geológicos e

geomorfológicos. Além disso, o resultado das pesquisas científicas realizadas não são adaptadas para uma linguagem acessível ao público visitante.

No que diz respeito à geoconservação, o SNUC destaca dentro dos seus objetivos a necessidade de “*proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural*” (Art. 4º, alínea VII) e “*proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos*” (Art. 4º, alínea VIII), contemplando assim a proteção do patrimônio geológico na legislação brasileira e constituindo um recurso essencial para a implementação da geoconservação no país. Porém, conforme Pereira (2010) destaca que:

(...) este recurso tem sido pouco utilizado até ao presente, uma vez que a grande maioria das unidades de conservação criadas no país visa a proteção de elementos da biodiversidade, colocando a conservação da geodiversidade relegada a um segundo plano, quase sempre vinculada à proteção das belezas cênicas e imputando a esta última o papel secundário de substrato para a biodiversidade (PEREIRA, 2010, p. 30).

O geoturismo tem como foco principal a geodiversidade, praticado especialmente em áreas naturais, embora possa igualmente ser praticado em áreas rurais e urbanas (BRILHA, 2005; BRILHA, 2016). Neste sentido, o geoturismo vem ganhando relevância dentro das UCs e apresentando como uma vertente da atividade turística, que tem, entre outros objetivos, valorizar e estimular a conservação do patrimônio geológico e geomorfológico (NASCIMENTO *et al.*, 2007; LOPES, 2011; NASCIMENTO *et al.* 2015), elucidando o potencial educativo e ambiental desses ambientes, já que visa promover aos turistas, o entendimento dos locais visitados, através da interpretação da geodiversidade (BENTO; RODRIGUES, 2013).

Pensando na valorização e conservação do patrimônio geológico e no estímulo à preservação das Unidades de Conservação – que devido à sua beleza cênica e à distância de áreas urbanas, muitas vezes, se localizam em áreas de difícil acesso - Andrade (2005) destaca que as trilhas podem ser os únicos meios de acesso às UCs, oferecendo oportunidade do contato efetivo com a natureza. Além disso, elas podem incentivar o geoturismo e a preservação da geodiversidade se forem planejadas e manejadas adequadamente.

Kroeff (2010) ressalta que apesar de serem feições lineares e de dimensões pouco expressivas, as trilhas podem comprometer os objetivos gerais das UCs e influenciar na dinâmica da paisagem e do ecossistema, se forem instaladas em locais propensos à degradação, sob uso intensivo e sem manejo.

Sendo assim, as trilhas no interior de áreas protegidas, podem impactar não só a dinâmica do solo, mas também, o 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).

É possível acrescentar ainda, que além das alterações na biodiversidade, o uso intenso das trilhas pode impactar negativamente a geodiversidade; isso ocorre porque os turistas, ao não reconhecerem a importância dos sítios geológicos, podem danificar esse patrimônio.

Costa (2006) destaca que alguns gestores de UCs investem 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; 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; 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; MORGAN, 2005; SANTOS *et al.*, 2014).

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; MARTIN, 2002; SANTOS; MAIA, 2013; STEFANOSKI *et al.*, 2013), pensando-se na sustentabilidade ambiental, agrícola e econômica.

Verificou-se que para propor estratégias do desenvolvimento do geoturismo e da geoconservação, seria necessário desenvolver a pesquisa em uma Unidade de Conservação, pois, haveria facilidade em sugerir para os gestores a adoção das medidas elaboradas na

pesquisa. Portanto, escolheu-se a Piscina Natural Caixa D'Aço (PNCA), localizada no Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB), no município de Paraty, pois o PNSB possui diversos atrativos turísticos e com a expansão desordenada da atividade na vila de Trindade, onde está localizada a piscina natural, está havendo uma tentativa de reordenamento das atividades locais que são conflituosas com a existência de uma UC de Proteção Integral.

Para o desenvolvimento da tese, buscou-se utilizar metodologias que permitissem não só, a análise das problemáticas relacionadas à importância do patrimônio geológico, do geoturismo, das trilhas e da geoconservação em Unidades de Conservação, mas também, avaliar os impactos nos aspectos físicos das UCs, como alterações na qualidade do solo, analisando suas propriedades químicas e físicas; e a presença de áreas degradadas, utilizando a pesquisa descritiva e fotográfica.

Portanto, optou-se por uma metodologia que permitisse análise da Unidade de Conservação escolhida, bem como, a utilização de instrumentos de coleta de dados que buscassem avaliar a importância do geoturismo e o nível de impacto que o ambiente natural e o patrimônio geológico e geomorfológico podem estar sofrendo.

A tese é composta por seis capítulos. O primeiro refere-se à apresentação do tema, justificativa e os objetivos do trabalho. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico utilizado para embasar a análise do tema, trazendo os conceitos e as discussões sobre: a implementação e gestão de Unidades de Conservação; a importância do geoturismo; a utilização de trilhas e os impactos na qualidade do solo em áreas protegidas.

O terceiro capítulo destaca as características da área de estudo: o Parque Nacional da Serra da Bocaina e da Piscina Natural Caixa D'Aço, localizada na vila de Trindade, no município de Paraty, litoral sul do estado do Rio de Janeiro.

O quarto capítulo trata da metodologia utilizada, tanto para a análise do potencial geoturístico da UC - que foi realizada através da interpretação ambiental em UCs; como para avaliação da qualidade do solo, sendo realizadas análises de textura, densidade do solo e de partículas, estabilidade de agregados em água, porosidade e teor de matéria orgânica do solo.

O quinto capítulo apresenta a discussão dos resultados obtidos a partir da avaliação e análise do potencial geoturístico da Piscina Natural, destacando algumas estratégias para conservação e manejo dos impactos observados. Já o último capítulo, traz as conclusões mais relevantes obtidas através do desenvolvimento da pesquisa.

## 1.1 Justificativas

Apesar da implementação das Unidades de Conservação ser cada vez mais frequente, diversos autores (SEABRA, 1999; COSTA, 2006; COSTA, 2008; KROEFF; VERDUM, 2011, PUREZA *et al.*, 2015) destacam que no Brasil existe pouco investimento na fiscalização e na manutenção das mesmas. Além do apelo à proteção dos recursos naturais, a pressão pela estruturação das UCs está associada ao desenvolvimento da atividade turística que proporciona aumento de visitantes. Logo, Bento e Rodrigues (2013) destacam que grande parte das áreas naturais com capacidade para desenvolvimento do turismo encontra-se em áreas protegidas, o que levanta um dos grandes desafios dessas áreas: a conciliação da conservação ambiental com a visitação pública.

Deste modo, esta proposta de estudo se justifica, pois, aliar o estudo do impacto da atividade turística, à importância do geoturismo e à análise da qualidade do solo, permite analisar e auxiliar na gestão de Unidades de Conservação. Além disso, estimular o entendimento dos turistas e a participação da comunidade local em ações de Educação Ambiental e na divulgação da geodiversidade é fundamental para a geoconservação da Piscina Natural Caixa D'Aço e para conservação das trilhas que permitem acesso à Piscina localizada no litoral do Parque.

Sabe-se que a Mata Atlântica é um dos biomas de maior biodiversidade e endemismo e também um dos mais ameaçados, por conter elevadas taxas de fragmentação florestal, sendo considerado pela União Internacional para a Conservação da Natureza um dos 34 *hotspots* de biodiversidade no mundo (MITTERMEIER *et al.*, 2005). Estes fragmentos são relativamente pequenos, possuem formas, estruturas, composições, graus de isolamento, tipos de vizinhança e históricos de perturbação diversos (CAMPOS, 2008; NEWMAN *et al.*, 2014). Sendo assim, são de suma importância estudos que visem à conservação das áreas remanescentes, que permitem a formação de corredores ecológicos.

Neste sentido, o Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB) foi escolhido por estar inserido na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, uma rede mundial de implantação de áreas protegidas, estabelecida através do Decreto Estadual 26.057 em 14 de março de 2000, que tem como principais objetivos a manutenção da conservação do bioma, através da implementação de um corredor ecológico contínuo de Mata Atlântica ao longo da costa brasileira, unindo os fragmentos florestais existentes. Além disso, o PNSB é uma das maiores áreas protegidas do Bioma Mata Atlântica e compõe o Mosaico Bocaina, que integra o Corredor de Biodiversidade da Serra do Mar.

Ademais, estão sendo elaborados pelo ICMBio, relatórios de monitoria para revisão do plano de manejo do PNSB, onde foram traçadas três áreas prioritárias de monitoramento dos



impactos, principalmente devido aos acessos ao parque e à pressão da atividade turística: a RJ 165 (rodovia Paraty-Cunha), a Travessia Mambucaba (antigo caminho do ouro) e a Vila de Trindade, onde está localizada a área de estudo.

A Vila de Trindade – considerada como Zona de Uso Intensivo (MMA, 2002) - além de estar parcialmente inserida no Parque Nacional da Serra da Bocaina, está localizada na Área de Proteção Ambiental Cairucu. Essa sobreposição de Unidades de Conservação, associada aos conflitos fundiários existentes, à presença de população tradicional caiçara, a beleza cênica, a presença de elementos naturais significativos e o desenvolvimento do turismo de massa, revelam particularidades da área, que justificam a sua escolha como área de estudo. Sobre esses conflitos, Santos (2016) afirma que:

De acordo com o plano de manejo do PNSB, os problemas prioritários na gestão do Parque são o planejamento turístico e a expansão urbana, em especial em Trindade. Nesta área, o direito ao uso dos recursos naturais tem sido o catalisador dos conflitos, principalmente em função das proibições que limitaram o modo de vida das populações que ali vivem. Atualmente, observa-se uma mudança na forma de apropriação do recurso natural, como por exemplo, os pescadores, que na sua maioria trabalham como barqueiros, fazendo o transporte de turistas nas praias. (SANTOS, 2016, p. 17).

Com o crescimento de atividades econômicas no interior e entorno do Parque, principalmente as relacionadas ao turismo, o geoturismo pode ser uma alternativa às atividades de uso público de grande impacto, como o turismo de massa. Nesse sentido, é importante pensar em estratégias para o desenvolvimento da atividade geoturística associada à utilização de trilhas no litoral do PNSB.

Foram selecionadas para análise duas trilhas que permitem acesso à Piscina Natural Caixa D'Aço. Essas trilhas, são consideradas pelo ICMBio, órgão responsável pela gestão do Parque, as mais conhecidas e visitadas do PNSB. De acordo com o plano de manejo do Parque (MMA, 2002), no verão de 1998 aproximadamente 50 mil turistas estiveram em Trindade, percorreram as trilhas e acessaram à Piscina Natural. Neste sentido, o impacto gerado pelo pisoteio nessas trilhas, é de conhecimento dos gestores do Parque e continua ocorrendo, intensificando os processos erosivos no piso e alterações no ambiente natural.

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 das mesmas. 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, garantindo o desenvolvimento e ordenamento da atividade geoturística (COSTA, 2006; COSTA, 2008; KROEFF; VERDUM, 2011; RANGEL, 2014; JORGE, 2017).

Entende-se, portanto, que o diagnóstico dos danos ambientais das UCs, ao indicar as áreas mais vulneráveis do sistema, pode contribuir para ações que visem a manutenção da conservação da geodiversidade, o fortalecimento da atividade geoturística e para a mitigação dos impactos ambientais encontrados. Logo, conciliando o monitoramento da qualidade do solo, com a pesquisa descritiva em trilhas e com aspectos do geoturismo é possível expandir e aperfeiçoar o estudo sobre impactos ambientais em áreas protegidas.

## 1.2 Objetivos

### **1.2.1 Geral**

Avaliação do impacto da utilização de trilhas no litoral sul do Parque Nacional da Serra da Bocaina, visando a conservação das áreas protegidas e recuperação das mesmas, quando necessário. Aliado a isso, foi analisada a possibilidade de implementação de um programa de incentivo ao geoturismo, sugerindo mecanismos que visem à divulgação de conhecimentos sobre o meio físico local, a fim de promover a geoconservação da Piscina Natural Caixa D' Aço e a gestão adequada desse sítio de geodiversidade.

### **1.2.2 Específicos**

- 1- Analisar a qualidade do solo das trilhas, através da análise de propriedades físicas e químicas;
- 2- Avaliar a microtopografia do solo, os efeitos do pisoteio de pessoas e da erosão hídrica nas trilhas;
- 3- Realizar mapeamento em planta e em perfil da trilha;
- 4- Identificar e delimitar diferentes trechos na trilha de acordo com o grau de dificuldade à visitação;
- 5- Identificar, através da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida, a existência de feições erosivas e de áreas degradadas; de risco e de perigo, localizá-las e classificá-las;
- 6- Propor medidas de controle e de minimização de riscos, perigos e impactos gerados, visando o planejamento ambiental, o manejo e o ordenamento da trilha;
- 7- Destacar a importância da atividade geoturística como alternativa ao turismo de massa desenvolvido na área de estudo;

- 8- Destacar quais são os impactos à geodiversidade, provenientes do uso público e propor estratégias para redução desses impactos.

## CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL

Para elaboração da pesquisa foram discutidos alguns pontos importantes como o histórico de criação e os desafios para gestão das Unidades de Conservação; o geoturismo e a utilização das trilhas como estratégia para a geoconservação; 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; e a análise da evolução dos processos erosivos através da microtopografia do solo. Assim, os conceitos aqui apresentados, pretendem nortear o diálogo sem finalizar os tópicos discutidos.

### 2.1 Unidades de Conservação

O conceito contemporâneo de Áreas Protegidas (APs) surge em 1870, nos Estados Unidos, com a criação do Parque Nacional de *Yellowstone* localizado em territórios dos estados de Montana, Idaho e Wyoming, ainda que, como adverte Brito (2000), a definição do conceito moderno de parque já houvesse sido esboçada no ano de 1830 por George Catlin e que tenham existido outros tipos de áreas protegidas definidas anteriormente da criação do referido parque. Castro Junior *et al.* (2009) destacam que a implementação do Parque Nacional de Yellowston foi influenciada pelas ideias de preservação com o objetivo de manter remanescentes intocados para contemplação.

Assim, a ideia de Parque, por muito tempo, passou a ser tratada como sinônimo de AP 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 Unidades de Conservação (UC), 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)

Com o desenvolvimento econômico acelerado ocorrido no século XIX, surgiram duas correntes de pensamento que discutiram a questão da preservação da natureza: a corrente preservacionista que afirma que as unidades de conservação devem ser espaços intocados, pois “*seres humanos e animais silvestres não combinam bem*” (TERBORGH; VAN SCHAIK, 2002); e a corrente conservacionista que ressalta a importância da conservação para o

desenvolvimento econômico sustentável e apresenta o conceito de utilização sustentável de recursos vivos como equivalente à conservação (VAN SCHAIK; RIJKSEN, 2001).

Com relação as APs, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 1994, p. 7) afirma que elas são definidas como "*uma área terrestre e/ou marinha especialmente dedicada à proteção e manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais associados, manejados através de instrumentos legais ou outros instrumentos efetivos*". A partir dessas proposições, Medeiros, Irving e Garay (2004) destacam que áreas protegidas são todos os espaços territoriais de um país, terrestres ou marinhos, que apresentam dinâmicas de produção específicas (ocupação e uso, sobretudo) e gozam de estatuto legal e regime de administração diferenciados.

Seguindo essa visão de preservação da natureza, foram adotados dois modelos diferentes para implementação de APs: o modelo “excludente” adotado nos EUA, pois seus planos de manejo se desenvolveram com a intenção de isolar os interesses dos habitantes locais; e o modelo “inclusivo”, adotado mais frequentemente na Europa Ocidental, em que os interesses das sociedades locais foram fundamentais para a implantação das Áreas Protegidas (BORRINI-FEYERABEND, 1997; CASTRO JUNIOR *et al.*, 2009; PUREZA *et al.*, 2015).

Já 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 de UCs no modelo como conhecemos hoje. Logo, em 1937 o governo decretou a criação do primeiro parque nacional, o Parque Nacional do Itatiaia, marcando o início da política de estabelecimento e gerenciamento de Áreas Protegidas no Brasil (DIEGUES, 1996).

Durante a década de 1960 os ambientalistas destacaram que os seres humanos são vulneráveis e fazem parte das comunidades vivas, sendo dependentes dos ecossistemas e do meio ambiente como um todo. Nash<sup>1</sup> (*in* FERREIRA 1997) destaca que: "*O homem foi redescoberto como sendo parte da natureza e a proteção das áreas silvestres passou a ser importante na relação entre eles, entre seres humanos e entre tudo que existe na crosta terrestre.*" (Ferreira, 1997, p.169)

Através dessa percepção o Código Florestal foi reeditado em 1965, com poucas alterações, mas contribuiu para a definição e conservação de Áreas de Proteção Permanente (APPs) – que são áreas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e

---

<sup>1</sup> Nash, R. *Wilderness and the american mind*. New Haven and London: Yale University press, 1982. 425p.

assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 1965) - e das Reservas Legais - áreas cuja vegetação não pode ser suprimida, podendo apenas ser utilizada sob regime de manejo florestal sustentável, de acordo com princípios e critérios técnicos e científicos estabelecidos, devendo estar averbadas à margem da inscrição de matrícula do imóvel (BRASIL, 1965).

Em contrapartida, Castro Junior *et al.* (2009) destacam alguns problemas oriundos dessa reedição do código florestal, como a permissão de corte de florestas para o plantio de “florestas homogêneas”, o que gerou a substituição de áreas de florestas por cultivo de eucalipto.

Em 1967 foi criado pelo governo, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), responsável pela administração das UCs. Posteriormente, o IBDF publicou o Plano do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil, definindo então, que dentre seus objetivos devem ser contemplados a investigação, estudos, monitoramento e divulgação sobre os recursos naturais.

Na década de 1970 surgiram conflitos entre populações humanas e áreas protegidas e as várias questões sociais, políticas e econômicas que levavam à destruição de *habitats*. Começa a se esboçar a necessidade de criação de Unidades de Conservação para além das Áreas de Proteção Integral (API), que segundo o SNUC (BRASIL, 2000) têm como objetivo preservar a natureza sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais; ampliando o conceito de estratégia de conservação, gestão territorial e de disciplina do acesso e uso de recursos naturais.

Em 1979 é aprovado o Regulamento dos Parques Nacionais do Brasil, que conceitua Parque Nacional como uma área que tem interesses especiais para a ciência e a educação, e nesse mesmo ano, é feita a primeira proposta para criação do SNUC.

A política ambiental consolida-se de forma determinante após a criação da primeira Área de Proteção Ambiental (APA) do país, a APA de Petrópolis em 1982; após a multiplicação de APIs e após a promulgação da Constituição de 1988, que traz um capítulo específico sobre meio ambiente. Entretanto, a Constituição também proporcionou mais poderes aos órgãos estaduais e municipais, tanto na fiscalização e no licenciamento de atividades potencialmente agressivas ao meio ambiente, quanto na criação de unidades de conservação (BOHRER; DUTRA, 2009). Essa autonomia dos municípios e estados para a criação de UCs vai gerar um problema verificado atualmente: a sobreposição de UCs geridas por diferentes esferas do poder.

Em 1989, é criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O instituto foi formado pela fusão de quatro entidades brasileiras que trabalhavam na área ambiental: Secretaria do Meio Ambiente - SEMA; Superintendência da

Borracha – SUDHEVEA; Superintendência da Pesca – SUDEPE, e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF.

Em 2007, o IBAMA foi desmembrado e ocorreu a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O referido instituto tem como objetivo principal criar e gerir as Unidades de Conservação federais. Além disso, é responsável pela definição e aplicação de estratégias para a proteção de espécies ameaçadas; por dar apoio às RPPNS (Reservas Particulares do Patrimônio Natural), executar políticas relativas ao uso de recursos naturais renováveis; se relacionar com as populações tradicionais que vivem em UCs; fomentar e executar programas relativos à sustentabilidade e educação ambiental; e promover e executar programas relativos às práticas ecoturísticas em Unidades de Conservação que permitam que tais atividades sejam executadas.

Em 1992, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), estipulou que seus países membros deveriam criar e manter adequadamente uma rede de áreas protegidas capaz de atender a três objetivos: a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos.

Diante da crescente demanda pela proteção de determinadas áreas, em 1994 a IUCN cria o Sistema Internacional de Áreas Naturais Protegidas (SIANP) composto pelas seguintes categorias de manejo, considerando os graus de intervenção e de naturalidade dos ambientes (Figura 1): Reserva Natural Estrita (Ia), Área Silvestre (Ib), Parque Nacional (II), Monumento Natural (III), Santuário de Vida Silvestre (IV), Paisagem Terrestre /Marinha Protegida (V) e Área Protegida com Recursos Manejados (VI).

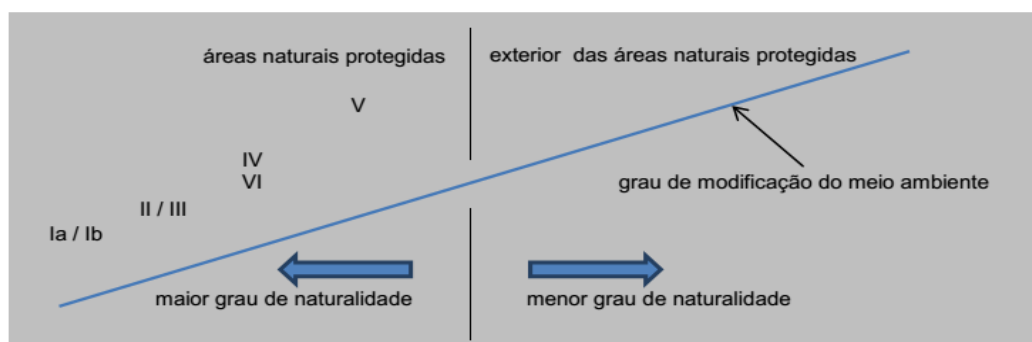


Figura 1. Representação dos graus de conservação e das categorias de manejo das áreas naturais protegidas propostas pela IUCN. Fonte: Pellizzaro et al. (2012).

De acordo com a IUCN (1994), este sistema tem como objetivo elucidar o diálogo entre as diferentes categorias internacionais existentes e minimizar a adoção de termos diferentes para a descrição das categorias de manejo visando a quantificação e o monitoramento das áreas naturais protegidas mundiais. Além disso, o órgão propõe funções específicas para cada

categoria de manejo, considerando assim, atividades previstas e o grau de intervenção nas áreas protegidas, conforme exemplificado no quadro 1.

Quadro 1. Principais funções das categorias de manejo das áreas naturais protegidas. Modificado de: Pellizzaro et al. (2012).

Principais Funções	Categorias de Manejo						
	Reserva Natural Estrita	Área Silvestre	Parque Nacional	Monumento Natural	Santuário de Vida Silvestre	Paisagem Terrestre/Marinha Protegida	Área Protegida com Recursos Manejados
Investigação Científica	OP	OPA	OS	OS	OS	OS	OPA
Proteção de zonas silvestres	OS	OP	OS	OPA	OPA	NA	OS
Preservação de espécies e da diversidade genética	OP	OS	OP	OP	OP	OS	OP
Manutenção dos serviços ambientais	OS	OP	OP	NA	OP	OS	OP
Proteção de características naturais e culturais específicas	NA	NA	OS	OP	OPA	OP	OPA
Turismo e recreação	NA	OS	OP	OP	OPA	OP	OPA
Educação ambiental	NA	NA	OS	OS	OS	OS	OPA
Uso sustentável	NA	OPA	OPA	NA	OS	OS	OP
Manutenção dos atributos culturais	NA	NA	NA	NA	NA	OP	OS

Legenda: OP = Objetivo Principal; OS = Objetivo Secundário; OPA = Objetivo Potencialmente Aplicável; NA = Não Aplicável

Segundo Pellizzaro *et al.* (2012) e Vallejo (2009), a partir do estabelecimento do SIANP e da intensificação da implementação de áreas protegidas no Brasil, viu-se a necessidade de regular e padronizar a criação dessas áreas no território brasileiro, surgindo assim, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

### **2.1.1 Sistema Nacional de Unidades de Conservação**

Em 18 de julho de 2000 é criado, após mais de duas décadas de trabalho, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Esse sistema foi instituído pela Lei Federal nº 9.985 e tem o intuito de padronizar a base conceitual sobre as áreas naturais protegidas por lei, conferindo maior atenção às categorias das UCs tanto sob a gestão Federal, quanto sob a gestão Estadual e Municipal. Esse fato possibilita o que Castro Junior *et al.* (2009) definem como um sistema coletivamente planejado, onde pode ocorrer a integração de diferentes esferas de governo e a gestão de unidades de diferentes categorias.

É importante ressaltar a diferença entre Áreas Protegidas, termo utilizado pela IUCN, e Unidades de Conservação segundo o SNUC (MEDEIROS, 2003), já que no Brasil, o termo Área Protegida refere-se não só as categorias de UCs, mas abrange também outras áreas especialmente protegidas, que não têm como finalidade específica conservar a natureza, por

exemplo, terras indígenas, que têm como objetivo preservar a cultura dos povos indígenas que habitam a área, e como consequência, contribuem para a conservação da natureza (RANGEL, 2014).

Vieira (2007) destaca que a criação do SNUC foi uma das estratégias adotadas para garantir a biodiversidade de espécies da fauna e flora, conservando ecossistemas sensíveis às ações antrópicas, protegendo biomas característicos e representativos da fisiografia brasileira. Acrescendo a esse fato, Castro Junior *et al.* (2009) destaca que a obrigatoriedade da formação de conselhos gestores para as unidades de conservação e a criação da figura do Mosaico de Unidades de Conservação foram pontos importantes na implementação do SNUC.

Sendo assim, o SNUC pode ser considerado como um novo marco de consolidação da política ambiental brasileira, pois além de padronizar e agrupar diferentes categorias de UCs, define Unidade de Conservação como:

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

Sabendo que o SNUC foi baseado no modelo proposto pela IUCN, as suas categorias apesar de apresentarem nomenclatura diferente, possuem finalidades semelhantes, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2. Comparação entre as categorias de Áreas Protegidas propostas pela IUCN e as categorias de Unidades de Conservação do SNUC. Modificado de: Delelis et al. (2010).

Uso	Categorias IUCN	Categorias SNUC
Indireto	I - Reserva de Proteção Integral/ Área Selvagem	-Estação Ecológica -Reserva Biológica
Indireto	II – Parque Nacional	-Parque Nacional -Reserva Particular do Patrimônio Natural
Indireto	III - Monumento Natural	-Monumento Natural -Refúgio da Vida Silvestre
Direto	IV - Área de Manejo de Espécies ou Habitats	-Floresta Nacional -Reserva de Fauna
Direto	V – Paisagem Terrestre ou Marinha	-Área de Proteção Ambiental -Área de Relevante Interesse Ecológico
Direto	VI – Área para Manejo dos Recursos	-Reserva Extrativista -Reserva de Desenvolvimento Sustentável



Diante disso, O SNUC agrupou diferentes categorias de manejo em dois grupos: Unidades de Proteção Integral que têm como objetivo preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais e Unidades de Uso Sustentável que visam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, conforme apresentado nos quadros 3 e 4.

Quadro 3. Características das Unidades de Conservação de Proteção Integral segundo a Lei Federal nº 9.985 – SNUC (2000). Fonte: Modificado de Vallejo (2009).

Grupo	Finalidade de Manejo	Visitação Pública	Pesquisa Científica	Posse/Domínio
<b>PROTEÇÃO INTEGRAL</b>				
Estação Ecológica	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas.	Proibida, exceto com objetivo educacional.	Depende de autorização prévia do órgão administra a unidade conservação.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Reserva Biológica	Preservação integral da biota e demais atributos naturais.	Proibida, exceto com objetivo educacional.	Depende de autorização prévia do órgão administra a unidade conservação.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Parque Nacional	Preservação ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica.	Permitida, sujeita a normas/restrições estabelecidas no Plano de Manejo e pelo órgão gestor.	Depende de autorização prévia do órgão administra a unidade conservação.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Monumento Natural	Preservação sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.	Permitida, sujeita a normas/restrições estabelecidas no Plano de Manejo e pelo órgão gestor.	A Lei não menciona.	Pode ser constituído por áreas particulares.
Refúgio de Vida Silvestre	Proteger ambientes naturais.	Permitida, sujeita a normas/restrições estabelecidas no Plano de Manejo e pelo órgão gestor.	Depende de autorização prévia do órgão administra a unidade conservação.	Pode ser constituído por áreas particulares.

Quadro 4. Características das Unidades de Conservação de Uso Sustentável segundo a Lei Federal nº 9.985 – SNUC (2000). Fonte: Modificado de Vallejo (2009).

Grupo	Finalidade de Manejo	Visitação Pública	Pesquisa Científica	Posse/Domínio
<b>USO SUSTENTÁVEL</b>				
Área de Proteção Ambiental	Proteger diversidade biológica, disciplinar processo de ocupação, assegurar sustentabilidade do uso dos recursos naturais.	Na área de domínio público as condições de visita são estabelecidas pelo órgão gestor.	Na área de domínio público as condições de pesquisa são estabelecidas pelo órgão gestor.	Constituída por terras públicas ou privadas.
Área de Relevante Interesse Ecológico	Manter ecossistemas e regular o uso da área.	A Lei não menciona.	A Lei não menciona.	Constituída por terras públicas ou privadas.
Floresta Nacional	Uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e pesquisa científica.	Permitida.	Permitida e incentivada com prévia autorização do órgão gestor.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Reserva Extrativista	Proteger o meio de vida e a cultura das populações extrativistas tradicionais.	Permitida desde que compatível com os interesses locais e o disposto no Plano de Manejo.	Permitida e incentivada com prévia autorização do órgão gestor.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Reserva de Fauna	Estudos técnicos científicos sobre manejo econômico sustentável dos recursos faunísticos.	Permitida desde que compatível com o disposto no Plano de Manejo e normas órgão gestor.	Permitida.	Públicos. Áreas particulares incluídas nos limites da unidade serão desapropriadas.
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Preservar a natureza, assegurar condições para reprodução e melhoria dos modos e da qualidade de vida e da exploração dos recursos naturais das populações tradicionais.	Permitida e incentivada desde que compatível com os interesses locais e o disposto no Plano de Manejo.	Permitida e incentivada desde que voltada à conservação da natureza, melhor relação das populações residentes com seu meio e a educação ambiental.	Públicos. Áreas particulares, quando necessário, serão desapropriadas.
Reserva Particular do Patrimônio Natural *	Conservar a diversidade biológica.	Permitida com objetivos turísticos, recreativos e educacionais.	Permitida.	Privada.

Vê-se, portanto, que hoje as UCs ultrapassam a lógica da proteção isolada de fragmentos de *habitats*, para uma estratégia de proteção do todo, buscando reorientar opções econômicas e políticas sobre o acesso e uso dos recursos naturais. Logo, conforme explicitado anteriormente, o conceito legal de UC reconheceu o duplo caráter desse instrumento: estratégia de conservação *in situ* e ferramenta de gestão territorial, isto é, de gestão das relações de poder definidas no espaço, incorporando o conceito científico de território (SILVA, 2001; MEDEIROS, 2006; PUREZA *et al.*, 2015).

É importante salientar que quando a criação de uma UC é feita sem planejamento podem ocorrer impactos negativos e degradação do ambiente natural. Guerra e Mendonça (2004) destacam que a degradação é considerada um problema social, uma vez que os processos naturais, que ocorrem com e sem a interferência humana (por exemplo: erosão, movimentos de massa e cheias), para serem identificados como “degradação” são carregados de critérios sociais, porque relacionam as terras aos seus usos em curso.

Nesse sentido, para que seja realizado o planejamento de forma adequada, é necessário fazer a caracterização geográfica da UC, e para isso deve-se levantar alguns aspectos físicos e socioeconômicos da área. Esses aspectos levantados por Magnanini e Nehab (*in* VALLEJO, 2009) estão destacados nos quadros 5 e 6.

Quadro 5. Aspectos físicos para caracterização geográfica de uma Unidade de Conservação. Fonte: Modificado de Vallejo (2009).

Regional	Vizinhanças	Área Interna da UC
<b>ASPECTOS FÍSICOS</b>		
Situação geográfica da região em relação ao país	Definição das áreas circunvizinhas	Localização e delimitação
Clima geral	Dados meteorológicos locais	Dados meteorológicos peculiares
Dados hidrológicos	Dados hidrológicos	Dados hidrológicos peculiares
Geomorfologia regional	Geomorfologia	Dados geomorfológicos peculiares; belezas naturais
Grandes grupos de solos	Principais tipos de solos	Solos dominantes peculiares
Região fitogeográfica	Fitogeografia e formações vegetais; situação da vegetação existente; tendências para alteração da vegetação	Flora; situação da vegetação; espécies dominantes, raras ou a destacar
Região zoogeográfica	Características gerais da fauna	Fauna; situação da fauna encontrada; espécies dominantes, raras ou a destacar

Quadro 6. Aspectos socioeconômicos para caracterização geográfica de uma Unidade de Conservação. Fonte: Modificado de Vallejo (2009).

Regional	Vizinhanças	Área Interna da UC
<b>ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS</b>		
Ocupação humana (demografia, distribuição espacial, principais cidades)	Ocupação humana; colonização e ocupação das terras, cidades e vilas; dados históricos notáveis; padrões culturais e nível de vida; receptividade da população quanto à implantação da UC	Aspectos quantitativos e qualitativos da ocupação humana; situação fundiária; dados históricos
Atividades econômicas regionais	Atividades florestais, agropastoris, industriais e comerciais	Tipos de atividades; estado de conservação; sítios de interesse histórico ou folclórico; tendências estimativas sobre visitação
Meios de transporte e vias de acesso principais	Vias de acessos; meios de transporte disponíveis; serviços de infra-estrutura; serviços de abastecimento; potencial de mão-de-obra disponível; assistências técnica disponível	Serviços de infra-estrutura; sistema viário interno; meios de transporte disponíveis; serviços de abastecimento;

Sendo assim, a partir do momento em que as áreas de proteção são estabelecidas é preciso elaborar um Plano de Manejo que 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).

Logo, a partir da confecção do Plano de Manejo, deve ser realizado o planejamento do uso do solo da UC, através do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), que segundo o Ministério do Meio Ambiente 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).

Com relação ao ZEE, Fontes (1997) destaca que o mesmo direciona a localização de atividades econômicas considerando, o potencial ambiental da região; e Cadavid García (1991) reitera que 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.

Além disso, é essencial pensar nos objetivos de cada categoria de UC, e, portanto, no uso atrelado à cada uma. Nesta perspectiva, planejar a delimitação, implementação e gestão de

uma UC, é essencial. No momento de sua delimitação, deve-se pensar nas questões relacionadas à gestão e ao manejo a fim de conciliar a conservação dos recursos, a configuração territorial e populacional do entorno, o tipo de uso, a escala de influência e os diferentes agentes que atuam sobre aquela área.

### **2.1.2 Desafios para a Gestão de Unidades de Conservação**

Visto que uma das maiores questões ligadas à proteção da natureza no Brasil está diretamente relacionada aos interesses políticos, sobretudo no que diz respeito ao uso da terra; Becker (1997) afirma que relação entre os recursos naturais e desenvolvimento econômico levou à politização da discussão ambiental. Concomitantemente Castro Junior *et al.* (2009) reiteram que:

A partir do momento em que a criação de áreas protegidas influencia o ordenamento territorial, gera processos conflituosos. Esse ordenamento, porém, é essencial na busca de desenvolvimento com justiça social e conservação ambiental. Só o planejamento e a gestão do território pelo Estado são capazes de promover desenvolvimento com distribuição de riquezas, associado à conservação ambiental, sobretudo com foco na biodiversidade, que requer política estratégica de longo prazo. (CASTRO JUNIOR *et al.*, 2009, p. 48)

Atualmente, um dos desafios acerca das Unidades de Conservação é a sua gestão. Devido à complexidade e a singularidade de cada área onde está inserida - cada UC possui características diferentes não só no seu interior, mas também no seu entorno – é preciso pensar e estabelecer formas de gestão diferenciadas a fim de alcançar os objetivos propostos para a criação da unidade de conservação. Desta forma, Faria (2004) define gestão de unidades de conservação como sendo a:

Equilibrada coordenação dos componentes técnicos e operacionais (recursos humanos, materiais e financeiros) e os diversos atores sociais que incidem sobre o desenvolvimento da área, de maneira tal a obter-se a eficácia requerida para alcançar os objetivos para os quais a unidade foi criada, bem como, a manutenção da produtividade dos ecossistemas abrangidos. (FARIA, 2004, p.39)

De acordo com Faria (2004) para proteger uma Unidade de Conservação são necessários poucos requisitos, como as atividades de vigilância e de manutenção geral. Por outro lado, para conservá-la é imprescindível agregar ao sistema gerencial à educação ambiental, para divulgar os serviços ambientais prestados pela área à comunidade; e a pesquisa científica. É preciso também, que o gestor da área possua uma visão eclética, multidisciplinar para lidar com problemas rotineiros como a falta de infraestrutura, questões relacionadas aos vizinhos, lideranças locais e organizações.

Castro Junior *et al.* (2009) e Pureza *et al.* (2015) destacam que a partir da criação do SNUC, a gestão das UCs pôde ser vista como um sistema coletivamente planejado, onde pode ocorrer a integração de diferentes esferas de governo e a gestão de unidades de diferentes categorias.

Já Cifuentes *et al.* (2000) e Medeiros (2006) salientam que a gestão eficaz de uma UC é definida como o conjunto de condições que permitem cumprir satisfatoriamente a função para qual foi criada a área natural protegida. Para isso, é preciso considerar não só os aspectos da própria unidade de conservação, mas também as características do seu entorno.

Porém, em muitos casos, as condições do entorno das UCs não são consideradas no momento da criação e efetivação dos planos de manejos. Sendo assim, Harris (1984) destaca que essas áreas podem ser consideradas como ilhas continentais, isoladas de outras ilhas por ambientes modificados pelo homem.

Uma questão destacada por Arruda (1999) é que a definição das áreas a serem colocadas sob proteção, suas modalidades incluindo a elaboração de seus planos de manejo, são pensadas exclusivamente pelo Estado e desta forma, cria-se uma dicotomia entre o ser humano e a natureza, supondo que as comunidades locais são incapazes de desenvolver um manejo ou no mínimo de participar de sua elaboração.

Portanto, a criação de Unidades de Conservação recebe críticas decorrentes da falta de iniciativas de consolidação territorial pelos governos. Os conflitos relativos ao uso da terra, entre os moradores do entorno e as populações tradicionais são indicativos de que essa forma de intervenção precisa ser conduzida de maneira mais participativa e menos centralizadora. (VALLEJO, 2009; VALLEJO, 2013; QUEIROZ, VALLEJO, 2017).

Muitas UCs incentivam a atividade turística, visto que, geralmente estão localizadas em áreas de elevada beleza cênica. 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, pois: “*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*”.

Apesar de possibilitar ganhos para os municípios, diversos autores (COSTA, 2006; SARAIVA, 2011; VASHCHENKO; BIONDI, 2013) destacam que a atividade turística pode potencializar os impactos ambientais, dentre eles, os processos erosivos em UCs, visto que, essa atividade proporciona aumento do número de visitantes, e quando não há ordenamento da visitação o ambiente natural pode sofrer degradação. Moreira (2008, 2014) afirma que o geoturismo não pode ser considerado um subsegmento do ecoturismo, mas sim como uma nova

modalidade de turismo praticado em áreas naturais, que apresenta características e objetivos específicos.

Outra questão que dificulta a gestão de uma UC é a diferença entre as escalas de análise, isto é, entre as escalas de ocorrência dos fenômenos dentro da UC e a escala de gestão do território. Sobre esse aspecto, Marandola Jr. (2004) destaca que existe um problema epistemológico que envolve as implicações da escolha de determinadas escalas de análise, em detrimento de outras. Estas se referem a recortes de interações culturais, econômicas e ecológicas, envolvendo escalas de ação política, ou de poder, as escalas de gestão e as escalas de experiência das tensões ambientais, as quais se manifestam como perigos e riscos que precisam ser geridos.

A questão levantada por Marandola Jr. (2004) pode ser exemplificada pela dificuldade de gestão em UCs com áreas extensas, por exemplo, pois os problemas ambientais encontrados nessas áreas protegidas – os riscos e os conflitos socioambientais – são agravados pela presença de diversos atores com diferentes interesses, que dificultam ainda mais esse processo. Além disso, diversas vezes, a equipe responsável pela gestão dessas UCs determina áreas prioritárias para conservação, visto que, as ações de manejo devem ser direcionadas para áreas mais degradadas e com conflitos mais intensos.

Outro ponto a ser destacado é que algumas UCs foram delimitadas em áreas onde já havia ocupação humana, o que torna a gestão dessas áreas de proteção extremamente complexa, pois, em muitos casos, é preciso administrar interesses divergentes sobre a utilização das terras em questão. Essa situação é observada na vila de Trindade localizada no litoral do PNSB, que possui população tradicional caiçara residente anterior à criação da UC; e por se tratar de uma UC de proteção integral, há restrições nas atividades dos caiçaras, como a pesca, roça, caça, entre outras (CONTI; IRVING, 2012)

Corte (1997) e Pureza *et al.* (2015) destacam que essa característica de considerar áreas privadas em seu interior, reporta uma semelhança com as limitações e dificuldades do zoneamento urbano advindo daí uma série de problemas nas UCs. Portanto, um ponto fundamental para a gestão e manejo adequado nas Unidades de Conservação é a elaboração e constante atualização do zoneamento.

Uma outra questão importante no âmbito da gestão de UCs é o uso público, isto é, as regras para visitação. Existem diferentes tipos de uso público nessas áreas como a contemplação de ambientes naturais, práticas de lazer e recreação, esportes de aventura, caminhadas em trilhas ecoturísticas, geoturismo, entre outros.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2006) o uso público de uma UC se relaciona com o processo de visitação dessas áreas. Vallejo (2013, p. 15) destaca que esse uso pode: “(...)se manifestar como atividades educativas, de lazer, esportivas, recreativas, científicas e de interpretação ambiental, que proporcionam ao visitante a oportunidade de conhecer, entender e valorizar os recursos naturais e culturais existentes”.

O autor (*op. cit*) ainda destaca que das 12 categorias de UCs definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), apenas as Estações Ecológicas e Reservas Biológicas não estão abertas à visitação. Apesar disso, as atividades de Educação Ambiental são cada vez mais frequentes nessas categorias, fato que chama atenção e evidencia necessidade - mesmo nessas áreas mais restritivas - de ordenamento dessas atividades.

Vários autores (IRVING, 2002; RODRIGUES, 2008; VALLEJO, 2013) destacam que as duas atividades mais comuns do uso público em UCs brasileiras são a recreação e o turismo.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) elaborou um documento com princípios, recomendações e diretrizes voltados ao ordenamento da visitação em UCs, onde apresenta diretrizes para os gestores, visitantes e instituições prestadoras de serviço. Nas diretrizes para visitação em UCs (MMA, 2006) são sugeridos os seguintes princípios que devem ser observados durante o planejamento e gestão da visitação em Unidades de Conservação:

a. O planejamento e a gestão da visitação deverão estar de acordo com os objetivos de manejo da Unidade de Conservação.

b. A visitação é instrumento essencial para aproximar a sociedade da natureza e despertar a consciência da importância da conservação dos ambientes e processos naturais, independentemente da atividade que se está praticando na Unidade de Conservação.

c. A visitação deve ser promovida de forma democrática, possibilitando o acesso de todos os segmentos sociais às Unidades de Conservação.

d. As atividades de visitação possíveis de serem desenvolvidas em Unidades de Conservação devem estar previstas em seus respectivos instrumentos de planejamento.

e. O desenvolvimento das atividades de visitação requer a existência de infraestrutura mínima, conforme previsto nos instrumentos de planejamento da Unidade de Conservação.

f. A visitação é uma alternativa de utilização sustentável dos recursos naturais e culturais.

g. A manutenção da integridade ambiental e cultural é essencial para sustentar a qualidade de vida e os benefícios econômicos provenientes da visitação em Unidades de Conservação.

h. A visitação deve contribuir para a promoção do desenvolvimento econômico e social das comunidades locais.

i. O planejamento e a gestão da visitação devem buscar a excelência na qualidade dos serviços oferecidos aos visitantes.

j. A visitação deve procurar satisfazer as expectativas dos visitantes no que diz respeito à qualidade e variedade das experiências, segurança e necessidade de conhecimento.

l. O planejamento e a gestão da visitação devem considerar múltiplas formas de organização da visitação, tais como: visitação individual, visitação em grupos espontâneos, visitação em grupos organizados, de forma não comercial, e visitação organizada comercialmente, entre outras.

Além desse documento o ICMBio (2011, p. 14) destacou as seguintes diretrizes para o manejo dos impactos da visitação:

1. Planejar o manejo de impactos da visitação como parte integrante do planejamento do uso público da UC.
2. Adotar a referência numérica da capacidade de manejo da visitação como um elemento balizador e de apoio à tomada de decisões. A proteção dos recursos naturais e culturais e a melhoria da qualidade da experiência dos visitantes dependem fundamentalmente do monitoramento de indicadores e da implementação de ações de manejo.
3. Promover a participação de especialistas, pesquisadores, excursionistas, praticantes de esportes de aventura, lideranças comunitárias envolvidas com o ecoturismo, conhecedores das atividades de visitação, o Conselho Gestor da UC, dentre outros atores no manejo dos impactos da visitação.
4. Considerar a educação e a interpretação ambiental, de forma interativa e envolvente, como elementos fundamentais para diminuição dos impactos à UC. (ICMBIO, 2011, p. 14)

Porém, no Brasil, os problemas com os impactos da visitação, existentes em grande parte das UCs abertas ao uso público, são corriqueiros. Sobre essa questão Filetto e Macedo (2015, p. 20) destacam que: “*A limitação de recursos, equipamentos e, principalmente pessoal, é uma constante. Ainda, o desenvolvimento desordenado da recreação em UCs brasileiras compromete alguns dos objetivos para os quais elas foram estabelecidas.*”.

Assim, as UCs congregam em seus objetivos a manutenção, proteção, preservação, recuperação, entre outros, do meio ambiente, porém, a efetividade desses objetivos e a sobrevivência dessas unidades dependem do valor atribuído pela sociedade a estes mesmos locais e a natureza como um todo (TAKAHASHI, 2004; HASSLER, 2005; BARROS; PONTES, 2008; BENTO; RODRIGUES, 2013). Sendo assim, é essencial que os programas de visitação pública sejam muito bem planejados e gerenciados, para que consigam despertar nos



visitantes, atitudes de conscientização e valorização ambiental (VASCONCELOS, 2006) e do patrimônio geológico (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Diante do exposto, percebe-se que a gestão das UCs enfrenta diversos problemas como a presença de atores com interesses diversos, as diferentes escalas de poder atuantes, a diversidade de atividades desenvolvidas no interior e no entorno dessas áreas, as diretrizes para visitação e a relação conflituosa entre os responsáveis pela gestão e pela população que, muitas vezes, vive no interior de algumas UCs, como APAs e parques.

### **2.1.3 Unidades de Conservação de Proteção Integral: Parques Nacionais**

Conforme explicitado anteriormente, a Criação do Parque Nacional de *Yellowstone*, em 1872, nos Estados Unidos é considerado um marco estratégico para a implementação de áreas Protegidas. Ele, foi o primeiro de uma série a ser implementado em território norte-americano por meio de uma política que ficou conhecida como proteção da “*wilderness*”, ou seja, de uma natureza selvagem e intocada (DIEGUES, 1996; LANGLEY, 2001; MEDEIROS, 2006; PUREZA *et al.*, 2016), que se enquadra em uma perspectiva estética de apreciação e contemplação das paisagens naturais. Segundo Dias e Pereira (2010) esse modelo de parque se tornou referência para a função social das áreas protegidas e do movimento “preservacionista” no mundo.

A partir disso, a ideia de Parque, por muito tempo, passou a ser tratada como sinônimo de Área Protegida intocada. Há uma diferença, segundo Castro Junior *et al.* (2009), entre os parques americanos e os brasileiros. Enquanto aqueles visavam proteger paisagens de um impacto futuro, esses buscavam proteger áreas de impactos imediatos. O autor ainda destaca que: “*Os parques brasileiros e outras unidades de conservação já nasceram, em sua maioria, em meio a importantes conflitos territoriais e de acesso a recursos, sendo sua gestão bastante dificultada e particularizada*”. (CASTRO JUNIOR *et al.*, 2009, p. 39)

Para Medeiros (2003) essa singularidade do modelo brasileiro vai ser refletida na forma e nos mecanismos de gestão das áreas protegidas no país, sendo fundamental para o entendimento da gestão de um sistema nacional de áreas protegidas.

Assim, dentro do grupo de Unidades de Conservação de Proteção Integral, destacam-se os Parques Nacionais, onde é previsto o uso para desenvolvimento de pesquisa científica e turismo ecológico. Porém, esta atividade deve ser realizada de forma controlada, visando a conservação do ambiente natural e a conscientização dos visitantes, já que, de acordo com o SNUC, “*a visitação pública está sujeita às normas e restrições estabelecidas pelo plano de*

*manejo da unidade, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração, e àquelas previstas em regulamento” (BRASIL, 2000, Art. 11, § 2º).*

Essas áreas protegidas vêm sofrendo com o avanço da atividade turística, seja pelo apelo ao ambiente natural e preservação dos recursos naturais, ou pelo entendimento, por parte do movimento ambientalista, de que o turismo é uma alternativa econômica para a população que vive próximo à áreas protegidas, representando, segundo Conti e Irving (2014, p. 518) *“um caminho possível para a compatibilização entre as distintas formas de uso e apropriação dos recursos naturais pelos grupos sociais envolvidos e a proteção da natureza nos territórios protegidos”*.

Conti e Irving (2014) também destacam outra questão sobre o crescimento do ecoturismo em parques nacionais: como garantir que os recursos derivados da visita sejam aplicados em conservação da natureza e em benefício das populações locais. A partir desse pressuposto, as autoras afirmam que:

(...) estudos realizados em áreas naturais brasileiras, de forte apelo ecoturístico, ilustram a tendência geral de exclusão das populações locais, com relação aos benefícios gerados no processo. Sendo assim, embora o retorno econômico do ecoturismo possa ser elevado, nem sempre é bem distribuído. Além disso, os interesses econômicos associados ao ecoturismo tendem a estimular o sobreuso de áreas naturais protegidas, o que constitui um sério risco ao seu equilíbrio natural, não só nas áreas prioritárias para desenvolvimento turístico, mas também em toda a sua área de influência. (CONTI; IRVING, 2014, p. 524).

Portanto, os Parques sofrem, principalmente com a falta de recurso para gestão, tanto financeiro, quanto humano, principalmente para fiscalização, visto que, a maioria dos Parques possui área muito extensa e com as especificidades para sua utilização que geram conflitos em diferentes escalas.

## 2.2 Geoturismo em Unidades de Conservação

O geoturismo tem se apresentado como um segmento promissor da atividade turística que tem características específicas e essenciais à conservação do patrimônio geológico e geomorfológico ao desenvolvimento econômico local das comunidades envolvidas (NASCIMENTO *et al.*, 2015; JORGE *et al.* 2016; BRILHA, 2016).

Macfarlane (2005, p.53) cita que na Inglaterra, *“o turismo geológico tornou-se atividade crescente na década de 1860, os interessados em participar de excursões geológicas tinham a chance de escolher entre vários cursos que ofereciam instrução sobre rochas...”*. De acordo com Mansur (2010) a primeira utilização do termo geoturismo no Brasil ocorreu em 1970 com

a publicação da “Cartilha Geo-Turística e Rodoviária do Estado do Rio de Janeiro”. A autora (2010, p. 17) destaca que: *“Esta publicação, acompanhada por um mapa na escala de 1:600.000, lista as festas e eventos turísticos da época distribuídos ao longo do ano e identificados por cidade fluminense, além de informações básicas sobre produção mineral, industrial, disponibilidade de estradas, existência de parques, etc.”*

Com o enfoque de atividade turística, a primeira citação científica publicada utilizando o termo geoturismo foi a proposta pelo inglês Thomas Hose, em 1995 onde o geoturismo é (p.17) *“Provisão de serviços e facilidades interpretativas no sentido de possibilitar aos turistas a compreensão e aquisição de conhecimentos de um sítio geológico e geomorfológico ao invés da simples apreciação estética”*. O autor (2000, p. 136) reviu esta primeira definição, considerando agora o geoturismo como a *“disponibilização de serviços e meios interpretativos que promovem o valor e os benefícios sociais de lugares com atrativos geológicos e geomorfológicos, assegurando sua conservação, para o uso de estudantes, turistas e outras pessoas com interesses recreativos e de ócio”*.

Já em 2012, Hose acrescenta que o geoturismo é sustentado por três pilares que se relacionam: a geoconservação, geo-história e geo-interpretação. De acordo com Jorge (2017, p. 46) *“Com base nesta abordagem “3G”, o geoturismo é definido como o fornecimento de mecanismos como instalações e serviços para interpretação de geossítios e geomorfossítios, compreendendo a sua conservação através da apreciação, aprendizagem e de pesquisas para atuais e futuras gerações”*.

Diante disso, diversos autores (GRAY, 2004; DOWLING; NEWSOME, 2006; MANSUR, 2010; MOREIRA, 2010, 2014; PEREIRA, 2010; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2011; MANOSSO, 2012; GRAY, 2013; MANSUR *et al.* 2013a; NASCIMENTO *et al.* 2015; JORGE; GUERRA, 2016; PEREIRA *et al.* 2016; RANGEL *et al.* 2017; JORGE, 2017) consideram que o geoturismo relaciona a geologia, a geomorfologia e seus processos de evolução com o turismo, que, por sua vez, envolve a visita de forma a gerar nas pessoas um sentimento de interesse, apreciação e entendimento.

Dowling (2009, 2010, 2013) e Jorge (2017) salientam que a ocorrência autêntica do geoturismo só acontece quando são seguidos os seguintes princípios: ter base no patrimônio geológico, promover a sustentabilidade, utilizar meios interpretativos e educativos na atividade geoturística, ter o envolvimento de comunidades locais e, por último, a satisfação do turista. Diante disso, a Educação Ambiental deve estar associada ao desenvolvimento da atividade geoturística, através da utilização de meios interpretativos.

Rodrigues (2008, p. 49) destaca que a educação é a base do geoturismo, visto que *“ao receber a informação, o geoturista está a aprender mediante os instrumentos interpretativos didáticos que lhe são facultados. Quanto mais explícitos forem os fenômenos e mais apelativa for a interpretação, mais eficaz se torna a divulgação da geologia”*.

Portanto, o geoturismo apresenta uma grande importância na valorização e geoconservação do patrimônio geológico, podendo constituir-se ainda em instrumento na concretização do desenvolvimento sustentável (BRILHA, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2007; MCKEEVER *et al.*, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2015; JORGE *et al.* 2016; BRILHA, 2016). Além do patrimônio geológico, o patrimônio geomorfológico é essencial para o desenvolvimento do geoturismo. Para Vieira (2014), os sítios geomorfológicos, ou geomorfossítios, considerados no seu conjunto como Patrimônio Geomorfológico:

(...) são elementos geomorfológicos constituídos por formas do relevo e depósitos correlativos, desenvolvidos em várias escalas, aos quais se atribui um conjunto de valores (científico, estético, cultural, ecológico e econômico), decorrentes da percepção humana. Estes elementos geomorfológicos, apresentando elevado valor patrimonial, devem ser objeto de proteção legal e promoção cultural, científico-pedagógica e para atividades de lazer, desporto e turismo (VIEIRA, 2014, p. 38).

Com relação aos valores da geodiversidade, Gray (2004) estabeleceu seis categorias: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional (Quadro 7). Essas categorias e seus valores estão diretamente relacionados com o desenvolvimento do geoturismo. O autor também destaca que os serviços providos pela geodiversidade devem possuir a mesma relevância que os serviços ecossistêmicos. Gray (2013) atualizou as categorias e definiu cinco categorias de serviços providos pela geodiversidade:

- Serviços de regulação: processos oceânicos e atmosféricos (ciclo hidrológico, dinâmica de circulação de ventos, etc.); processos terrestres (ciclo de formação das rochas, ciclos geomorfológicos, ciclo do carbono, etc.); controle de inundações (processos de infiltração, dunas de areias, etc.); quantidade e qualidade da água (aquíferos, lagos, reservatórios, solos, geleiras, etc.).
- Serviços de suporte: processos do solo (intemperismo, desenvolvimento de perfis de solos); provisão de habitats (cavernas, falésias, relevo cárstico, etc.); a terra como uma plataforma (aeroportos, atividades esportivas); armazenamento (reservatórios de óleo e gás, captura e estocagem de carbono)
- Serviços de provisionamento: comida e bebida (sal, água mineral); nutrientes e minerais para crescimento saudável; combustíveis (gás, petróleo, hidroelétrica, ventos e ondas,

etc.); materiais para construção (rochas, aço, areia, concreto, vidro, etc.); minerais industriais (fertilizantes, metais, etc.); produtos ornamentais (gemas, pedras preciosas e semipreciosas); fósseis.

- Serviços culturais: qualidade ambiental; geoturismo e lazer; significado cultural, espiritual e histórico; inspiração artística; desenvolvimento social.
- Serviços de conhecimento: história da terra (evolução da vida, origem do relevo); conhecimento dos processos físicos; história da pesquisa (rochas, inconformidades); monitoramento ambiental (mudança do nível do mar, derretimento das geleiras, acidificação); educação e empregos (treinamento profissional, geoparques).

Quadro 7. Categorias de valores da geodiversidade de acordo com Gray (2004).

Tipos de valor	Aspectos
<b>I - Valor Intrínseco</b> Valor de um determinado elemento, independente de parâmetros antropocêntricos. Pereira (2010) reúne nesta categoria os parâmetros associados diretamente aos aspectos inerentes ao geossítio, independentemente do seu eventual uso, ou de uma avaliação funcional do local, a saber: raridade, integridade, vulnerabilidade associada aos processos naturais e a variedade de elementos da geodiversidade que o local apresenta.	1. Natureza abiótica independente da avaliação humana
<b>II - Valor cultural</b> Relativo à relevância de um determinado elemento da geodiversidade para um determinado grupo social. Segundo Gray (2004), consiste em uma das categorias mais práticas e objetivas dentre os valores atribuídos à geodiversidade. A sacralização de geoformas, ou a denominação de locais em associação com geoformas características, são exemplos desta valorização e da significância dos elementos do meio físico para a humanidade.	2. Folclore 3. Arqueológico/Histórico 4. Espiritual 5. Sentido do lugar
<b>III - Valor Estético</b> Possuem este valor todas aquelas paisagens geológicas/geomorfológicas que causam um deslumbramento de seu público, que são alvo de atividades de lazer, contemplação ou inspiração artística.	6. Paisagens locais 7. Geoturismo 8. Atividades de lazer 9. Apreciação à distância 10. Atividades voluntárias 11. Inspiração artística
<b>IV - Valor Econômico</b> Essa atribuição está ligada à total dependência do homem perante os materiais geológicos para atividades como produção de energia, construção civil, fabricação de uma infinidade de produtos, extração de água subterrânea, gemas para joalheria, etc.	12. Energia 13. Minerais industriais 14. Minerais metálicos 15. Minerais para construção 16. Gemas 17. Fósseis
<b>V - Valor Funcional</b> Valor atribuído aos elementos da geodiversidade em decorrência da sua função como substrato onde se estabelecem e desenvolvem as ações antrópicas e onde se instalam os biomas e elementos da biodiversidade.	18. Solo 19. Plataformas 20. Armazenamento e reciclagem 21. Saúde 22. Enterro 23. Controle de poluição 24. Química da água 25. Funções do solo 26. Funções do geossistema 27. Funções do ecossistema
<b>VI - Valor Científico</b> De acordo com Pereira (2010), esta categoria de valor trata da relevância de alguns elementos da geodiversidade na representação de processos relativos aos fenômenos naturais do planeta, prestando um papel educacional que, muitas vezes, se reflete na quantidade e qualidade de trabalhos de pesquisa realizados a respeito deste elemento ou local.	28. Pesquisa científica 29. História da Terra 31. Monitoramento ambiental 32. Educação e formação de professores

Fonte: Jorge (2017).

Santos (2012) reitera que a atividade geoturística visa estimular a criação de atividades econômicas suportadas pela geodiversidade da região, assim como o envolvimento das comunidades locais no manejo adequado desses sítios geológicos e a transmissão desse conhecimento aos visitantes.

Com uma ênfase particular na conservação, educação e atrativos turísticos em relação aos aspectos geológicos, interpretar o ambiente em relação aos processos que o modelaram pode ser uma ferramenta de educação ambiental, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos que a natureza nos oferece (NASCIMENTO *et al.*, 2008; MOREIRA, 2010; MANSUR *et al.* 2013b).

Para muitos visitantes as formações geológicas e geomorfológicas não despertam a mesma atenção do que uma floresta ou animais, em virtude do movimento, coloração, sons e interação. Este fato eleva o desafio do geoturismo, visto que, é preciso despertar a atenção das pessoas para esses aspectos (DOWLING; NEWSOME, 2006; MANSUR, 2010).

Os turistas que não possuem conhecimentos sobre a geologia veem esses aspectos como um componente curioso e interessante da paisagem, sendo que no geoturismo se entende que não há somente a apreciação da paisagem, e sim também sua compreensão, realizada com o auxílio dos meios interpretativos (NASCIMENTO *et al.*, 2007; MOREIRA; BIGARELLA, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2008). Logo, possibilitar o interesse do visitante por esses atrativos é fundamental para despertar o turista e trazê-lo a esses locais.

Porém, entende-se que a interpretação da geodiversidade é complexa e difícil, pois na maioria das vezes, os turistas não compreendem a importância da geodiversidade e os gestores das UCs não a valorizam adequadamente. Neste sentido, Moreira (2008) identificou alguns instrumentos que podem ser utilizados na interpretação do patrimônio geológico, despertando e sensibilizando os turistas quanto à importância da geoconservação, são eles: trilhas guiadas e autoguiadas, excursões, palestras, *folders*, guias de campo, vídeos, *websites*, jogos e atividades lúdicas, museus, painéis interpretativos, entre outros. Mansur *et al.* (2013a) destacam a importância dos roteiros geoturísticos para ressaltar a importância da geoconservação. Segundo os autores esses roteiros são:

(...) roteiros geológicos direcionados para a educação e para o turismo. Devido a dificuldades em atrair o cidadão leigo em geociências diretamente para roteiros geológicos/geoturísticos específicos, uma boa alternativa é compor roteiros adaptados a roteiros turísticos já implantados e em funcionamento, como fator de agregação de valor (MANSUR *et al.*, 2013a, p. 15).

Alguns autores (NASCIMENTO *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2008; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2011) defendem que o geoturismo é um segmento do turismo que

tem como principal atrativo o geopatrimônio. Os autores, ressaltam ainda que o geoturismo difere-se dos outros segmentos turísticos em função dos atrativos que o definem.

Jorge (2017, p. 44) destaca que o geoturismo possui diferenças em relação ao ecoturismo, pois “(...) *ela não necessita obrigatoriamente de um cenário natural para ser desenvolvido, podendo acontecer também num cenário urbano*”. Brilha (2005, 2016) aponta outras diferenças e vantagens do geoturismo em relação ao ecoturismo, destacando que aquele não está condicionado às estações do ano para acontecer, não depende dos hábitos de fauna ou sazonalidade da flora, e pode incentivar a economia local, através do artesanato com motivos ligados à geodiversidade. Sendo assim, em muitos casos, o geoturismo pode ser desenvolvido em lugares onde outras segmentações do turismo já são desenvolvidas, complementando a oferta turística (JORGE, 2017).

Moreira (2008) destaca que o ecoturismo e o geoturismo envolvem a sustentabilidade dos locais de visitação, porém, a geodiversidade não é contemplada na atividade ecoturística, que possui a biodiversidade como enfoque primordial. As duas modalidades de turismo podem estar vinculadas em virtude da utilização dos meios interpretativos. Logo, pode haver uma combinação entre as modalidades turísticas, porém o geoturismo permanecerá distinto devido às suas especificidades (MOREIRA, 2008).

Diversos autores (MOREIRA, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2008; DOWLING, 2009, 2010; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2011; MANSUR *et al.*, 2013b; BRILHA, 2016) destacam que o geoturismo além de oferecer ao visitante um aprofundamento sobre as origens do ambiente com base em informações geológicas e geomorfológicas, se constitui como um elemento essencial para incluir pessoas no contexto das discussões e reflexões que tratam da apropriação da natureza pelo ser humano.

Neste sentido, concorda-se com Brilha (2005, 2015a, 2015b, 2016) que afirma que o geoturismo precisa ser implantado depois de estar montada uma coerente e sólida estratégia de geoconservação, de modo a assegurar a manutenção do interesse do patrimônio geológico que justifica o próprio geoturismo. Logo, para facilitar o acesso a essa informação relativa à geodiversidade e à conservação dos geossítios é importante que sejam desenvolvidas estratégias específicas, utilizando os mais diversos meios de informação disponíveis, adequando-os aos mais variados níveis intelectuais.

Novas considerações sobre o conceito de patrimônio geológico, geossítios e geodiversidade foram propostas por Brilha (2016), onde a geodiversidade possui diferentes valores: (i) científico e (ii) outros valores, *in situ* e *ex situ*, respectivamente. No caso do valor científico temos a separação em geossítios para os *in situ* e elementos do geopatrimônio para

os *ex situ*, ambos compreendendo o Patrimônio Geológico. No caso da geodiversidade com outros valores teremos sítios de geodiversidade para os *in situ* e elementos de geodiversidade para os *ex situ*. É necessário, portanto, diferenciar elementos da geodiversidade, sítios de Geodiversidade, geossítios e Geopatrimônio (Figura 2).

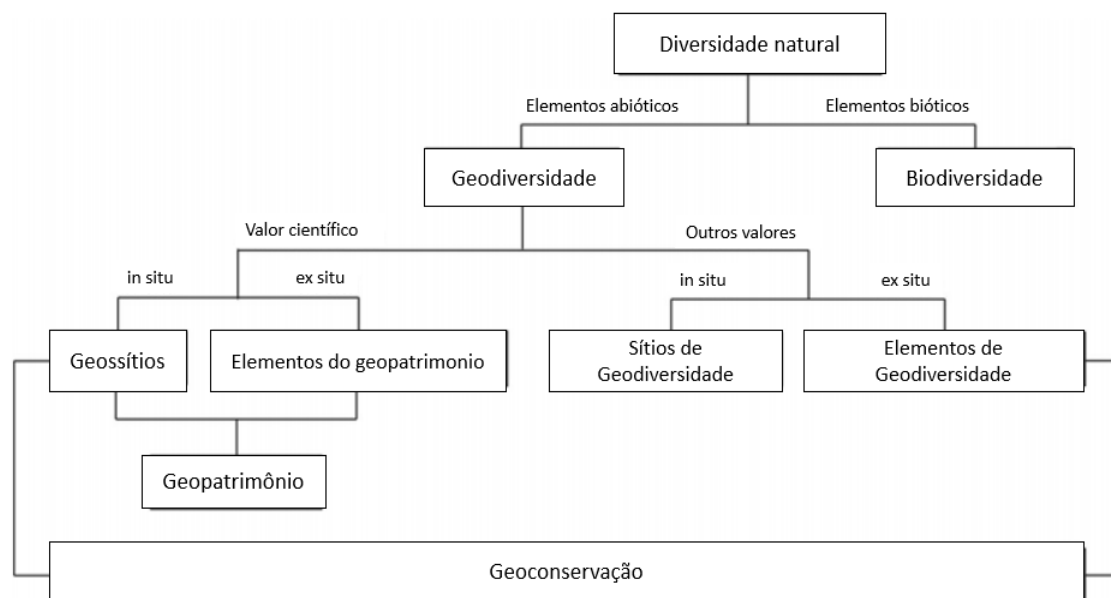


Figura 2. Quadro conceitual de geodiversidade, geopatrônio e geoconservação, levando em consideração o escopo da geoconservação. Fonte: Traduzido de Brilha (2016).

Ademais, segundo Mansur *et al.* (2013b) para que a conservação do geopatrônio seja efetiva é necessária uma estrutura de fiscalização eficiente e a integração com outras políticas de conservação, a fim de evitar vandalismos, ou furtos nos geossítios. A divulgação do patrimônio geológico e geomorfológico também é essencial para a conservação. Pforr e Megerle (2006) e Moreira (2010) afirmam que redes de comunicação e a troca de informações são essenciais para implementar adequadamente o geoturismo em uma área. Já Hose (2006) destaca a importância de aliar os aspectos da geoconservação à promoção turística.

Logo, considera-se de suma importância a adoção de medidas que preservem os sítios de geodiversidade, como a Piscina Natural Caixa D'Aço, objeto de estudo dessa pesquisa. Brilha (2016) afirma que os sítios de geodiversidade são locais delimitados geograficamente, onde ocorrem afloramentos e exposição de importantes materiais geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, entre outros, e devem ser diferenciados dos geossítios, pois, estes possuem valor científico reconhecido pela comunidade científica nacional e/ou internacional.

Portanto, a atividade geoturística deve ratificar o papel interdisciplinar das Geociências, estimulando o diálogo entre a comunidade científica, estudantes, profissionais de outras áreas



de conhecimento e o público leigo, contribuindo para a divulgação dos saberes geológicos e a geoconservação do patrimônio natural, através do uso de práticas econômicas sustentáveis, que promovam o desenvolvimento efetivo das regiões que abrigam esses geossítios (SANTOS, 2012).

### **2.2.1 Trilhas e sua importância para o geoturismo**

Conforme explicitado anteriormente, as trilhas podem ser os únicos meios de acesso às atrações ecoturísticas contidas em UCs. Além disso, elas podem incentivar o geoturismo e a conservação da geodiversidade se forem planejadas e manejadas adequadamente, visto que, podem permitir acesso a ambientes geoturísticos.

Porém, quando não ocorre planejamento para implementação das mesmas e o uso é intensivo, diversos impactos negativos podem ser observados, como a compactação, redução da percolação de água e surgimento de feições erosivas. Ademais, a falta de controle do número de visitantes pode impactar negativamente na conservação do ambiente natural e na geoconservação.

No que diz respeito à geoconservação, o SNUC destaca dentro dos seus objetivos a necessidade de “*proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural*” (Art. 4º, alínea VII) e “*proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos*” (Art. 4º, alínea VIII), contemplando assim a proteção do patrimônio geológico na legislação brasileira e constituindo um recurso essencial para a implementação da geoconservação (PEREIRA, 2010). Porém, tem-se conhecimento que isso não é de fato empregado pelas UCs, visto que a maioria delas visa a proteção de elementos da biodiversidade, colocando a conservação da geodiversidade em segundo plano, quase sempre vinculada à proteção das belezas cênicas.

Com relação às trilhas, é comum, 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.

Segundo o CONAMA o impacto ambiental é uma modificação causada ao meio ambiente que influencia na integridade dos ecossistemas (BRASIL, 1988). Sánchez (2006) reitera que quando negativo, o impacto causa degradação ambiental, ou seja, a perda ou deterioração da qualidade ambiental e redução das condições naturais, ou do estado de um ambiente.

Simiqueli e Fontoura (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.

Diversos autores (TAKAHASHI, 1998; MAGRO, 1999; COSTA, 2008; KROEFF, 2010; RANGEL, 2014; JORGE *et al.*, 2016; JORGE, 2017) destacam que o pisoteio das trilhas compacta os solos alterando sua porosidade, em razão da redução do volume de macroporos, o que eleva a resistência mecânica do solo, aumenta o escoamento superficial, sua susceptibilidade à erosão e perda de matéria orgânica.

Ademais, 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 (VASHCHENKO; BIONDI, 2013). Tudo isso pode levar à morte das plantas e intensificar o efeito de borda.

Eisenlohr *et al.* (2013) destacam que as alterações das condições abióticas ambientais, como as provocadas pelo desmatamento e abertura de trilhas, são capazes de provocar mudanças em comunidades vegetais. Logo, a abertura e uso de trilhas provocam variações de temperatura, exposição direta do solo à radiação solar e aumento do grau de exposição aos ventos (TABARELLI *et al.* 2012; EISENLOHR *et al.*, 2013); alteram a estrutura física do solo, através da compactação e erosão, gerando escoamento superficial e redução da infiltração, da concentração de matéria orgânica e nutrientes (MAGRO, 1999; COSTA, 2008; KROEFF, 2010; RANGEL, 2014).

Nesse sentido, Eisenlohr *et al.* (2013, p. 410) afirmam que:

(...) a alteração do ambiente edáfico pode resultar em importantes mudanças na composição das espécies da flora e da fauna do solo (Duffey 1975). Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio pode levar a mudanças na biologia e na química do solo. Essas alterações tornam o ambiente mais restritivo para algumas espécies vegetais, influenciando o recrutamento de novos indivíduos e a sobrevivência dos que já estão ali estabelecidos.

Cole (1985 *in* 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. 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.

Além disso, o pisoteio favorece a quebra dos macroagregados e sua transformação em microagregados (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, aeração, atividade biológica, sequestro ou emissão de carbono e na erosão do solo.

Rodrigues *et al.* (2016) realizaram uma análise comparativa entre o Parque Nacional da Serra da Bocaina, em Paraty, e na borda do Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba, e constataram que a degradação impulsionada pela atividade turística e mineradora, aliada à falta de manejo, tende a originar solos pouco porosos, com densidade aparente elevada e baixo teor de matéria orgânica. A dificuldade da infiltração da água tende a levar à formação de processos de erosão e movimentos de massa, como visto ao longo das trilhas estudadas.

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.

Além disso, Cole (2004) ressalta a dificuldade de separar os impactos gerados pela construção e manutenção das trilhas daqueles associados ao pisoteio e à erosão hídrica, que segundo Lal (1988), 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).

Cole (2004) destaca que a trilha sempre causa impactos, independente do uso, cabe aos planejadores avaliar o grau de impacto que serão tolerados. Diversos autores (VASHCHENKO; 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 microtopografia, a qual influencia o microclima.

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).

A educação e a interpretação ambiental podem ser estratégias para desenvolver o geoturismo e reduzir os impactos nas trilhas. Pereira et al. (2012) destacam a importância da interpretação ambiental em uma trilha geoturística localizada na Estrada Real em Minas Gerais:

Trilhas, como meio de interpretação ambiental, visam não somente a transmissão de conhecimentos, mas também propiciam atividades que revelam os Trilhas, como meio de interpretação ambiental, visam não somente a transmissão de conhecimentos, mas também propiciam atividades que revelam os significados e as características do ambiente por meio do uso dos elementos originais, por experiência direta e por meios ilustrativos, sendo assim instrumento básico de programas de educação ao ar livre (SANTO, 2000 apud PEREIRA et al, p.166).

É importante ressaltar que ações de interpretação e educação ambiental devem priorizar uma abordagem integrada entre elementos da biodiversidade e geodiversidade, pois assim, será possível reduzir os impactos e potencializar o reconhecimento e a valorização do ambiente natural, principalmente da geodiversidade.

### **2.2.2 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; SIMIQUELI; FONTOURA, 2007; RANGEL, 2016) 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; RABINOVICI, 2008; NEIMAN; CARDOSO-LEITE; PODADERA, 2009).

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.

Dentre as metodologias utilizadas no planejamento ambiental turístico, destaca-se o estudo de Capacidade de Carga Turística (GRAEFE *et al.*, 1990; GRAHAN, 1990; CIFUENTES, 1992; MANNING, 1995; KROEFF, 2010), que pode ser entendida como uma série de técnicas para determinar o grau de uso adequado de determinada área para que esta não atinja um nível de degradação ambiental irreversível.

Cifuentes (1992) ressalta que a Capacidade de Carga não é a solução dos problemas de visitação de uma UC, mas serve como importante ferramenta de planejamento, que sustenta e requer decisões de manejo. É sujeita a várias revisões periódicas, principalmente por ser relativa e dinâmica na avaliação dos aspectos sociais, econômicos, políticos, físicos (em muitos casos, são aspectos subjetivos, envolvidos na mensuração). É o caso do fator de comodidade dos visitantes e de quantos metros de trilha são ideais para um caminhante sentir-se confortável.

Neste sentido, Getz (1983) destaca que todos os conceitos de capacidade de carga vinculam a noção de limite ou do limiar além do qual o desenvolvimento, o uso, o crescimento ou mudança não podem ocorrer, ou não devem ser permitidos. Para estabelecer os critérios de definição, a maioria dos métodos usa as características inerentes ao sítio e sua gestão, definidos pelas metas e objetivos de uso dos recursos.

A determinação da capacidade de suporte em trilhas é usualmente obtida, com base em números de visitas/tempo/sítio. Segundo Costa (2006, p. 49): *“essa metodologia mostrou-se prática, porém não consegue apresentar uma visão conjuntural dos condicionantes físicoambientais presentes nos pontos mais vulneráveis das trilhas, principalmente no item manutenção, pois a capacidade de manejo inclui fatores extremamente mutáveis e que se expressam nas suas condições estruturais”*.

A partir da metodologia da Capacidade de Carga Stankey *et al.* (1985 in Costa 2006) criaram o Limite Aceitável de Câmbio (LAC). Assim o LAC representa uma reformulação do conceito de capacidade de suporte, para fins turísticos, baseando-se mais nas condições desejáveis para a área, do que na quantidade de utilização que uma área pode suportar. Os autores destacam que não existe relação direta entre o número de visitantes e a quantidade de impactos negativos em uma área, pois esses impactos estão muito mais ligados ao comportamento dos visitantes, do que propriamente ao número de pessoas que visitam.

Já Graefe *et al.* (1990) elaboraram um método alternativo de avaliação da visitação, o Manejo de Impacto de Visitação (MIV/VIM), que é uma forma de monitoramento, que focaliza o estudo dos impactos do uso da visitação, visando 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. Segundo Costa (2006):

A metodologia parte do princípio de que todo e qualquer tipo de visitação causa impacto. Portanto, a metodologia não busca a utopia do impacto "zero", mas sim mantê-lo em níveis aceitáveis, a partir de determinados critérios, consoantes com os objetivos das unidades de conservação. Para tanto, pré-estabelece os impactos considerados aceitáveis e seleciona indicadores para o monitoramento de cada um dos impactos. Todas as vezes que estes impactos extrapolam o limite aceitável, as causas do impacto são diagnosticadas e implementadas medidas de correção (COSTA, 2006, p. 53).

Shelby e Heberlein (1986) e Roggenbuck e Lucas (1987) propuseram conciliar o uso recreativo com a conservação dos recursos naturais e a pesquisa científica, além de estruturar os locais designados para o desenvolvimento de atividades de uso público através dos indicadores e níveis de qualidade, que são medidas quantificáveis de variáveis que refletem a essência do significado dos objetivos de manejo; podem incluir elementos de desenvolvimento físico e social que são importantes na determinação da qualidade da experiência do visitante. Níveis de qualidade definem o mínimo aceitável de condição de variáveis indicáveis.

Já Leung e Marion (1996) utilizaram a pesquisa descritiva a fim de analisar impactos ao longo da trilha. Nesta metodologia 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.

Outras pesquisas sugerem que a experiência dos visitantes deve ser frequentemente avaliada através de questionários que procuram estudar como muitos encontros em trilhas e *campings* podem ser tolerados antes que a qualidade da experiência do visitante decline a um grau inaceitável (SHELBY; VASKE, 1991; LEWIS *et al.* 1996). Estes tipos de informações podem ajudar a formular um nível de qualidade de manejo e, através disso, a capacidade de carga pode ser determinada e manejada através de programas de monitoria.

Seabra (1999) estudou a capacidade de carga turística e o perfil dos visitantes em trilhas localizadas em UCs no estado do Rio de Janeiro, e destacou que os turistas têm como objetivo principal entrar em contato com a natureza, e se sentem incomodados com a presença de erosões no leito da trilha.

Seabra (1999) critica as metodologias de Cifuentes (1992) e de Graefe *et al.* (1990), por não considerarem aspectos como: a comunidade local, as características sócio-econômico-culturais dos visitantes e expectativas quanto ao local, além de trabalhos de educação ambiental. A autora salienta a importância da educação ambiental afirmando que se os visitantes forem poucos, mas mal-educados, a restrição de entrada terá pouco efeito. Para a autora, a metodologia de Cifuentes (1992) não permite a identificação das mudanças necessárias, pois seu modelo matemático dificulta identificar causa e efeito de impactos observados e o resultado é estancado. Já o VIM não fornece mecanismos para monitorar os impactos, como proposto.

Rangel e Guerra (2014) utilizaram os indicadores de qualidade do solo para avaliar a erosão em trilhas na Reserva Ecológica da Juatinga, destacando que nas áreas pisoteadas havia - em comparação com a área de borda não pisoteada - menor teor de matéria orgânica e menor estabilidade de agregados. Já Silva e Castro (2015) avaliaram as erosões localizadas no leito da trilha, a partir do método de pontes de erosão, desenvolvido por Shakesby (1993), onde é elaborado um gráfico a partir do perfil transversal do leito da trilha e da variação da profundidade das erosões encontradas. Os autores destacaram ainda, que com a utilização de técnicas de manejo adequadas, como revegetação da borda, incorporação de matéria orgânica no leito e técnicas para redução do fluxo de água no leito, a redução dos processos erosivos seria significativa.

Rangel e Botelho (2017) elaboraram o Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha, metodologia que visa analisar (de forma rápida e de baixo custo) quantitativa e

qualitativamente trilhas incipientes<sup>2</sup>. Para tal, são utilizados parâmetros que auxiliarão os gestores, no planejamento, ordenamento e manejo de trilhas em UCs.

### 2.3 Qualidade do solo como ferramenta para avaliação de impactos em trilhas

Pensando nas ferramentas para análise de trilhas, Cole (1987) afirma que existem quatro formas diferentes: 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.

Portanto, pode-se pensar na avaliação da qualidade do solo, onde são estudadas algumas de suas propriedades 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; PARKIN, 1994; FAGERIA; STONE, 2006; JORGE, 2017). Portanto, 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; 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; PARKING, 1996; GOEDERT, 2005; FIALHO *et al.*, 2006).

Nesta tese, são utilizados como indicadores de qualidade do solo a microtopografia, a capacidade de penetração, a estabilidade de agregados em água, o teor de matéria orgânica do solo, a densidade do solo e de partículas, o pH, a textura e a porosidade do solo. Além disso, é

---

<sup>2</sup> A trilha incipiente, como o próprio nome já diz, seria aquela em estado inicial de implantação ou utilização e que ainda carece da maioria das condições para sua consolidação. Já a trilha consolidada não se refere apenas a uma trilha conhecida e frequentada; ela deve dispor de, no mínimo, quatro das seguintes condições: planejamento prévio de implementação; traçado mapeado e divulgado; estruturas de acesso e segurança (rampas, degraus, corrimãos, passarelas, etc.); placas de sinalização e/ou informativas e/ou educativas; grau de dificuldade conhecido e divulgado; frequência de visitação conhecida. (Botelho, 2016).



analisada a evolução das feições erosivas encontradas na trilha através do método de microtopografia do solo.

### **2.3.1 Microtopografia do solo**

De acordo com diversos autores (ALLMARAS *et al.* 1966; VIDAL VÁZQUEZ *et al.*, 2005, 2010a; CASTRO *et al.*, 2006; PAZ-FERREIRO *et al.*, 2008; ABRANTES; LIMA, 2014) a microtopografia do solo representa as microvariações topográficas da superfície do solo, como por exemplo, microdepressões e microelevações, sendo sua distribuição espacial o resultado de diversos fatores que alteram a camada superficial, como a erosão hídrica e as práticas agrícolas. Yong (1972) afirma que essas irregularidades da superfície do solo são denominadas microtopografias e podem ser causadas pela utilização de práticas agropecuárias inadequadas, pelo efeito do pisoteio e pelo escoamento superficial.

Neste sentido, para avaliar os processos de erosão hídrica, se faz essencial os estudos sobre a microtopografia da superfície do solo (DARBOUX; HUANG, 2005). Logo, diversos processos que ocorrem na superfície, como a retenção superficial (VIDAL VÁZQUEZ *et al.*, 2005, 2010b), a infiltração, o escoamento superficial, o transporte sólido (DARBOUX; HUANG, 2005; CASTRO *et al.*, 2006; VOLK; COGO, 2009), o encrostamento da superfície e as trocas de calor do solo com a atmosfera (PRICE *et al.*, 1998) são influenciados pelas feições microtopográficas.

Para uma análise precisa dos processos que ocasionam a erosão hídrica é necessária informação detalhada sobre a microtopografia da superfície do solo, com precisão e resolução elevada, destacando, principalmente, a modelagem dos processos relacionados com a erosão em ravinas, como a iniciação e o desenvolvimento da rede de microrravinas. Abrantes e Lima (2014, p. 446,) destacam que:

Apesar das várias técnicas e equipamentos existentes caracterizarem a superfície do solo com resolução adequada à modelagem desses processos, obter a microtopografia continua a ser uma tarefa árdua que, em geral, requer grande consumo de recursos e/ou tempo (Jester & Klik, 2005). Atualmente, sistemas a laser (Bertolani *et al.*, 2000; Aguilar *et al.*, 2009; Eitel *et al.*, 2011) e fotográficos (Rieke-Zapp & Nearing, 2005; Aguilar *et al.*, 2009; Garcia Moreno *et al.*, 2010) permitem caracterizar rapidamente a microtopografia da superfície do solo e se obter modelos digitais da superfície do solo com elevada precisão e resolução. No entanto, esses sistemas apresentam custos elevados e sua aplicação em campo é limitada devido às condições climáticas (e.g. luz ambiente, poeiras) sendo que, na maioria dos casos, sua utilização se limita a estudos em laboratório (ABRANTES; LIMA, 2014, p. 446).

Portanto, a realização de perfis é uma boa alternativa para caracterizar a microtopografia da superfície do solo em campo (BERTOLANI *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2006; CARVALHO FILHO *et al.*, 2007; PANACHUKI *et al.*, 2010).

### **2.3.2 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 (MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2013), parâmetros topográficos e uso do solo (LE BISSONNAIS, 1988, 1996, 2007; 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; GUERRA, 2010; GUERRA *et al.* 2017).

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. 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. Assim, 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; GUERRA *et al.*, 2017).

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; ROSENAU, 1986; CASTRO FILHO *et al.*, 2002; TAVARES FILHO *et al.* 2012) e que controla o armazenamento de água, aeração, crescimento da cultura e atividade biológica, bem como os processos erosivos (MADARI, 2004), tendo relação com o estoque de Carbono (DENEFF, 2007) e, conseqüentemente, com a emissão de gases do efeito estufa (BARRETO *et al.*, 2009). Hillel (2003) destaca que a agregação depende não somente da floculação, 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.*, 1998, 2002; DENEFF; SIX, 2005; TAVARES FILHO *et al.* 2012; AN *et al.*, 2013). 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), Deneff e Six (2005) e An *et al.* (2013) a formação e estabilização de macroagregados são atribuídas a processos biológicos, induzidos por alterações orgânicas, vegetais ativos, crescimento da raiz, e macro e microrganismos.

Outra forma de se analisar a agregação do solo é por meio dos índices de agregação avaliados através da estabilidade em água (YODER, 1936 *in* CASTRO FILHO *et al.*, 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 chuva<sup>3</sup> é um dos fatores que pode elevar a ruptura dos agregados. Farres (1978, *in* Guerra, 2010)<sup>4</sup> 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 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; SINGER, 1983; DENEFF; SIX, 2005; LE BISSONNAIS *et al.*, 2007; RIBON; TAVARES FILHO, 2008; TAVARES FILHO *et al.*, 2012) destacam que a fração argila é um fator positivo

---

<sup>3</sup> “Erosividade é a habilidade da chuva em causar erosão” (Hudson, 1961 *apud* Guerra, 2007, p. 151).

<sup>4</sup> FARRES, P. The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth Surface Processes*.p. 243-254, 1978.

para a estabilidade de agregados, já que, é um agente que liga as partículas mais grossas do solo. 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.*, 2001b; ZHANG; HORN, 2001; CASTRO FILHO *et al.*, 2002; CORRÊA, 2002; AN *et al.*, 2013).

### **2.3.3 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; PODWOJEWSKI *et al.*, 2011; TAVARES FILHO *et al.*, 2012 COSTA JUNIOR *et al.*, 2012).

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; SILVA, 1995; KINDEL; GARAY, 2002; COSTA JUNIOR *et al.*, 2012), assim como parte da fauna e flora 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; OADES, 1982; CHENU *et al.*, 1994; TAVARES FILHO, *et al.*, 2012). 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. (BASTOS *et al.*, 2005; COSTA JUNIOR *et al.*, 2012).

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 *in* Guerra, 2010)<sup>5</sup> 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; BARTHES, 2001; ZAUJEC, 2001). Polyakov e Lal (2004), Tavares Filho *et al.* (2012) e Costa Junior *et al.* (2012) destacam que a manutenção de elevadas taxas de carbono orgânico aumenta 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 agregação do solo também influencia fortemente na ciclagem de nutrientes e no sequestro de carbono (TISDALL; OADES, 1982; JASTROW, 1996; 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; TAVARES FILHO *et al.*, 2012).

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

---

<sup>5</sup>WISCHMEIER, 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.

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; BEARE, 1997). Em virtude de suas importantes funções nos processos físicos, químicos e biológicos no solo, a perda de matéria orgânica do solo retroalimenta 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).

#### **2.3.4 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; MEDEIROS *et al.*, 2006), 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; GUERRA, 2010; GUERRA *et al.*, 2017).

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 50% 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; MEDEIROS *et al.*, 2006).

Sendo assim, as areias, de uma forma geral, 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 tendem a reter a água 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; MEDEIROS *et al.*, 2006).

### **2.3.5 Compactação do solo**

A compactação do solo é definida como diminuição do volume do solo ocasionado por compressão, causando um rearranjo mais denso das partículas do solo e consequente redução da porosidade (CURI, 1993). De acordo com Costa (2000), o adensamento está relacionado com a migração de partículas (processos pedogenéticos), enquanto que compactação resulta de processos mecânicos sobre a superfície do solo. Este rearranjo resulta no decréscimo do espaço poroso e aumento da densidade. Esta compactação altera uma série de fatores que afetam o crescimento radicular como aeração, retenção de água, resistência a penetração de raízes, podendo aumentar a susceptibilidade do solo a erosão, pois ao reduzir a porosidade, diminui a infiltração de água e consequentemente aumenta o escoamento superficial (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).



A determinação do grau de compactação de um solo pode ser realizada através da análise da densidade do solo, densidade de partículas, porosidade e da capacidade de penetração do mesmo.

A densidade do solo, ou densidade aparente, é uma forma de refletir 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 expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, incluindo o volume de sólidos e o de poros. Solos minerais apresentam valores de densidade entre 1100 e 1600 kg/m<sup>3</sup> (1,1 g/cm<sup>3</sup> e 1,6 g/cm<sup>3</sup>), enquanto solos orgânicos tendem a apresentar densidade aparente inferior a 1000 kg/m<sup>3</sup> (1,0 g/cm<sup>3</sup>) (KIEHL, 1979). Além disso, de acordo com a concentração de partículas de areia e argila há variação na densidade aparente (MENDES *et al.*, 2006; DIAS JÚNIOR; MIRANDA, 2010).

O conceito de um valor crítico de densidade do solo no qual o crescimento de raízes é prejudicado tem sido indicado por Thompson *et al.* (1987) e Hakansson e Voorhees (1997) como o melhor parâmetro físico que caracteriza o crescimento de raízes em solos compactados. Outros pesquisadores (SILVA *et al.*, 2000) sugerem que a densidade do solo não é o fator mais limitante ao crescimento radicular, mas sim, a resistência que o solo oferece ao crescimento das raízes, determinada por um penetrômetro.

Na literatura, são adotados diversos valores limites de densidade do solo e porosidade de acordo com a classe textural encontrada. Na figura 3 são observados alguns valores de referência adotados por diversos autores.

Classe textural	Referência	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )		Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		Mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	
		inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior
Muito argilosa	Assis & Lanças (2005)	1,05	1,36	0,54	0,61	0,11	0,27
Argilosa	Israelsen & Hansen (1965)	1,20	1,30	0,51	0,55	-	-
Argilosa	Secco et al. (2005)	1,08	1,33	0,49	0,59	0,14	0,31
Argilosa	Spera et al. (2006)	1,23	1,34	0,50	0,54	0,09	0,16
Argilo-arenosa	Cavenage et al. (1999)	1,19	1,53	0,39	0,50	0,08	0,19
Argilo-arenosa	Israelsen & Hansen (1965)	1,25	1,35	0,49	0,53	-	-
Argilo-arenosa	Silva et al. (2006)	1,00	1,50	-	-	-	-
Franco-argilo-arenosa	Arshad et al. (1996)	-	1,40	-	-	-	-
Franco-argilo-arenosa	Marcolan & Anghinoni (2006)	1,45	1,70	0,38	0,56	0,08	0,22
Franco-argilo-arenosa	Beutler et al. (2005)	-	1,25	-	-	-	-
Franco/franco-arenosa	Israelsen & Hansen (1965)	1,35	1,60	0,40	0,49	-	-
Areia-franca/arenosa	Israelsen & Hansen (1965)	1,40	1,80	0,32	0,47	-	-
Areia-franca/arenosa	Arshad et al. (1996)	-	1,60	-	-	-	-

Figura 3. Valores limites de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt) e macroporosidade (Mp). Fonte: Andrade e Stone (2009).

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/m<sup>3</sup> (2,3 g/cm<sup>3</sup> a 2,9 g/cm<sup>3</sup>). Apesar de existir esta faixa de variação, a maioria dos valores varia de 2600 a 2750 kg/m<sup>3</sup> (2,6 g/cm<sup>3</sup> a 2,75 g/cm<sup>3</sup>). 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.

A resistência de um solo à penetração pode ser avaliada a partir da força que é exercida para que determinado objeto adentre ao solo. Logo, quanto maior a dificuldade para que o objeto adentre ao solo, isto é, quanto maior a força for realizada, mais resistente e mais compactado estará um solo (FEOLA, 2009; FIGUEIREDO *et al.* 2010). Pedrotti *et al.* (2001) e Silveira *et al.* (2010) afirmam que a resistência à penetração serve para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele. Ela está diretamente correlacionada com vários atributos e condição do solo, como textura, densidade, matéria orgânica a umidade no momento da determinação (BUSSCHER *et al.*, 1997) e coesão (GIAROLA *et al.*, 2001).

### **2.3.6 pH do solo**

O pH do solo pode informar sobre a estabilidade dos agregados, em função das interações químicas entre as suas partículas (MORGAN, 2005, PEREIRA *et al.*, 2016). Valores baixos de pH indicam solos ácidos e significam que o complexo coloidal do solo está deficiente em elementos que conferem estabilidade (BRADY, 1989; EVANS, 1980; FULLEN; CATT,

2004; PEREIRA *et al.*, 2016). O cálcio é um desses elementos, auxiliando na retenção do carbono pelos agregados, que combinam esse elemento com húmus (ALLISON, 1973 *in* GUERRA, 2007). Conforme destacaram Mendes *et al.* (2009), Loureiro (2013), Pereira *et al.* (2016), Rangel e Guerra (2017), o pH influencia na estabilidade dos agregados de modo indireto por meio do complexo de troca catiônica, uma vez que havendo elevados valores de pH (alcalinidade) e predomínio de cátions na solução, pode haver maior floculação pela dispersão do oxigênio, gerando mais atividade biológica, o que leva a mais intensidade de agregação.

A acidez dos solos pode ser comum nas áreas em que a precipitação seja suficientemente elevada, permitindo a lixiviação de significativas quantidades de bases permutáveis nas camadas superficiais. Estas bases são substituídas no processo por complexos coloidais, ou dissolvidas por ácidos de percolação. Formam-se ácidos orgânicos e inorgânicos quando a matéria orgânica é decomposta, sendo o mais simples e abundante o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), que é relativamente fraco, produto de reação entre o bióxido de carbono e a água (BRADY, 1989). Segundo Wutke (1975), o pH ácido possui efeito indireto sobre o solo, posto que induzem condições adversas às culturas.

Dentre as propriedades dos solos, aquela que talvez permita de uma forma mais isolada fazer inferências sobre a sua fertilidade é o pH. Através da determinação potenciométrica do pH, como foi realizado nesta tese, tem-se a diferença de potencial que corresponde ao pH do solo analisado. Contudo, o pH do solo é variável, em função da atividade biológica e das variações da quantidade de água, por exemplo. Quando se procede a aferição do pH com a utilização da solução de Cloreto de Potássio (KCl), este oferece resultados mais constantes, pois a concentração de sais no solo não os afeta. Isso acontece porque a aferição apresenta os resultados praticamente iguais, seja feita através do líquido sobrenadante, na suspensão da solução ou mesmo no sedimento, quer dizer, na amostra analisada (WUTKE, 1975).

Apesar de tudo, o pH encontrado é dependente da técnica empregada, ou seja, pode não ser o mesmo pH que plantas e organismos encontrariam naquele solo, lembrando que o pH varia, por exemplo, com a concentração de  $CO_2$  no solo e a quantidade de água. Contudo, mantendo em mente tais limitações, ainda assim o pH contribui com importantes informações à pedologia e à agronomia, sendo relacionado à nutrição e ao desenvolvimento da vegetação (WUTKE, 1975; PEREIRA *et al.*, 2016).

Na presente pesquisa adotou-se, para o pH, a escala de 0 a 14, ou seja, solo extremamente ácido (0), solo neutro (7) e extremamente alcalino (14).

## CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 3.1 Parque Nacional da Serra da Bocaina

O Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB) foi criado em 1971 (Decreto n.º 68.172 de 04 de fevereiro de 1971) e compreende, atualmente, uma área de 104 mil ha, sendo 60% localizada no estado do Rio de Janeiro e 40% no estado de São Paulo, abrangendo áreas de quatro municípios paulistas (Ubatuba, Cunha e Areias, Ubatuba, São José do Barreiro) e dois fluminenses (Angra dos Reis e Paraty) (Figura 4).

Com relação às suas características físicas o Parque representa um importante fragmento do Bioma da Mata Atlântica, agrupando ampla diversidade de tipos vegetacionais, grandes extensões contínuas de áreas florestadas, sob diversos domínios geomorfológicos. Abrange desde áreas costeiras até vertentes íngremes no alto do planalto dissecado da Bocaina, do nível do mar a 2.088 metros de altitude. É considerado um dos principais redutos de Floresta Atlântica, coberto pela Floresta Ombrófila Densa (Submontana, Montana e Alto Montana), Floresta Ombrófila Mista Alto Montana e Campos de Altitude, ainda em bom estado de conservação, apesar de inúmeros pontos de interferência humana. Deve-se destacar a alta diversidade e complexidade natural da área, resultantes das inúmeras combinações entre tipos de relevo, altitudes, características topográficas, rede de drenagem, substrato rochoso, solos e cobertura vegetal natural. É um território com endemismos, refúgios ecológicos e espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2002).

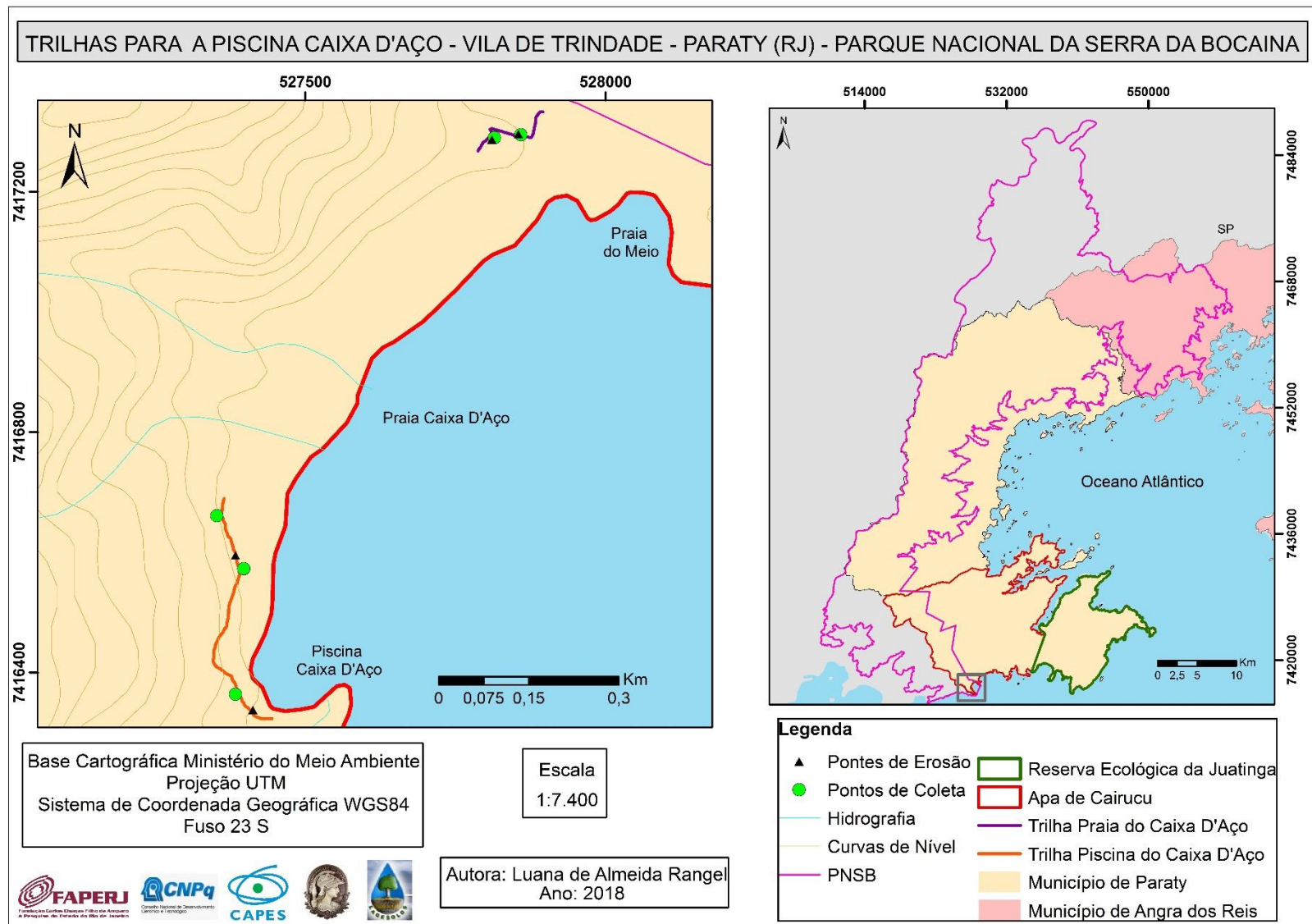


Figura 4. Mapa de localização das trilhas analisadas no PNSB. Elaboração própria, 2018.

De acordo com Santos (2016), a Vila de Trindade possui seis praias que atraem muitos turistas, são elas: Praia Brava, Praia do Cepilho, Praia de Fora, Praia dos Ranchos, Praia do Meio e Praia Caixa Aço. Além disso, destaca-se a Piscina Natural Caixa D’Aço como o principal atrativo da Vila (Figura 5).



Figura 5. Mapa de localização da Vila de Trindade com identificação das praias. Fonte: Santos (2016).

Diversos conflitos são observados na área, como especulação imobiliária, tensões entre os gestores do PNSB e as populações tradicionais locais, a diversidade de atividades econômicas exercidas na zona de amortecimento do parque - atividade agrícola e turismo histórico em São José do Barreiro, captação de água nas cotas mais altas do parque, caça e extração ilegal de palmito em Paraty, regularização fundiária, entre outras.

### **3.1.1 Caracterização climática**

Para a análise dos dados pluviométricos do PNSB foi realizada uma interpolação de dados de chuva – série histórica de 10 a 30 anos - de doze estações ou postos pluviométricos localizados dentro ou na zona de amortecimento do Parque, de acordo com a figura 6.

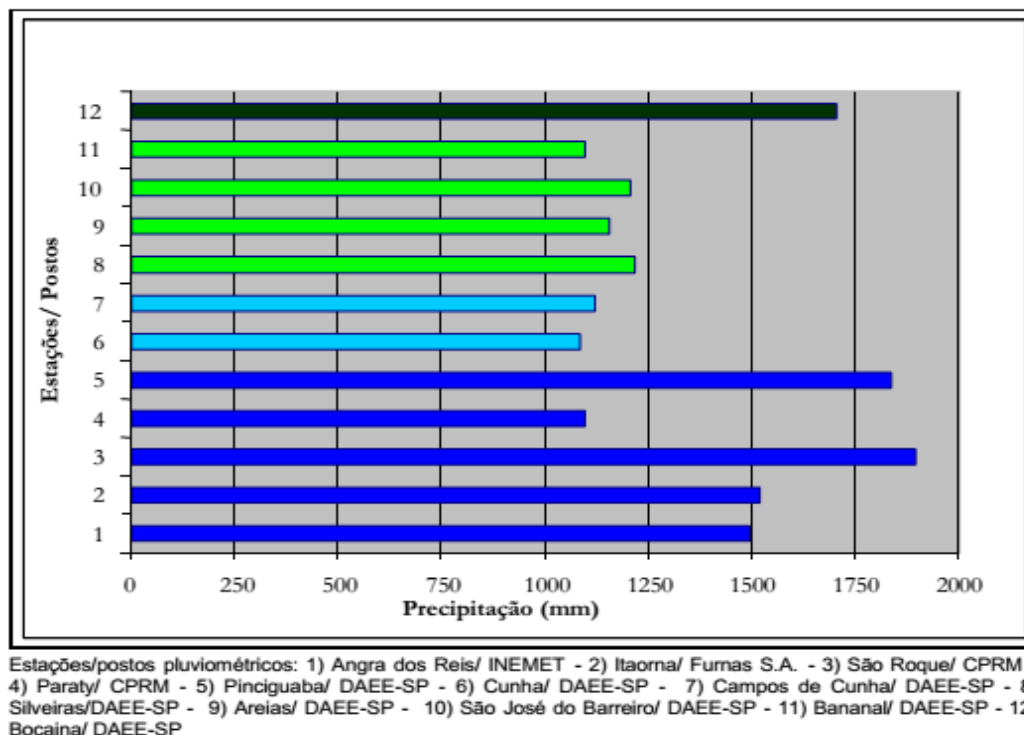


Figura 6. Histograma de Precipitação Média Total Anual – PNSB e Zona de Amortecimento. Fonte: MMA (2002).

A partir disso, destaca-se que o PNSB é caracterizado pelo clima tropical úmido segundo Köppen, onde os índices pluviométricos podem alcançar 2.200 mm anuais e a média atinge 1.700 mm. As chuvas são distribuídas em duas estações sendo uma seca (abril a setembro) e outra chuvosa (outubro a março), sendo marcante a ocorrência de chuvas orográficas, devido a influência do relevo local. Em relação a temperatura, destaca-se que ocorre variação anual da média de temperatura entre 17°C, nas áreas mais elevadas do Planalto da Bocaina, e 23°C, na vertente oceânica (MMA, 2002).

A Piscina do Caixa D'Aço, localizada na região litorânea, apresenta médias de temperaturas anuais em torno de 21°C a 23°C e os índices pluviométricos apresentam valores médios entre 1.800 a 1.900mm anuais. Esta região possui suas vertentes voltadas para sul, determinando o impacto direto dos sistemas frontais provenientes do Atlântico Sul, na qual as escarpas íngremes e o planalto montanhoso funcionam como barreiras que dificultam a passagem deste fenômeno climático.

Portanto, é possível subdividir o PNSB em três sub-regiões: a área do Planalto da Serra da Bocaina, a região litorânea e uma área de transição, onde os índices pluviométricos são diferenciados. Logo, o comportamento climático deve ser avaliado em função das características do relevo local que apresentam peculiaridades no padrão de distribuição das precipitações e temperaturas.

### **3.1.2 Caracterização geológico-geomorfológica**

De forma geral a área do PNSB encontra-se sobre uma estrutura geológica de xistos da Sequência Metavulcânica-Sedimentar, granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico Granitóide e charnoquitos do Complexo de Alto Grau, de idade proterozóica. Há também a presença de zonas de cisalhamento e falhas (MMA, 2002; ZALÁN; OLIVEIRA, 2005).

Guerra *et al.* (2013), ressaltam que a constituição litológica de Paraty é composta por aproximadamente 50% de rochas granitoides, 30% de gnaisses e menores proporções de migmatitos, granitos e sedimentos holocênicos. Estes encontram-se principalmente nos sedimentos de praias e nas planícies fluviais provindos dos sopés das encostas da serra.

Para Asmus e Ferrari (1978), as elevadas altitudes da região estão associadas aos processos de soerguimento e abatimentos tectônicos que ali ocorrem desde o fim do Cretáceo. Dantas (2000) destaca que os maciços costeiros e os escarpamentos montanhosos da Serra do Mar e da Mantiqueira são resultantes do soerguimento e basculamento de blocos escalonados. Almeida e Carneiro (1998) reiteram que a escarpa da Serra do Mar resulta de um recuo erosivo de uma escarpa de falha junto a Falha de Santos no Paleoceno.

Zalán (2004) e Zalán e Oliveira (2005) destacam que a região é composta pelo sub-gráben Paraty que juntamente com os sub-grábens da Baía, Guandu-Sepetiba compõem o Gráben da Guanabara. O sub-gráben de Paraty está associado ao rifte Litorâneo (Figura 7).



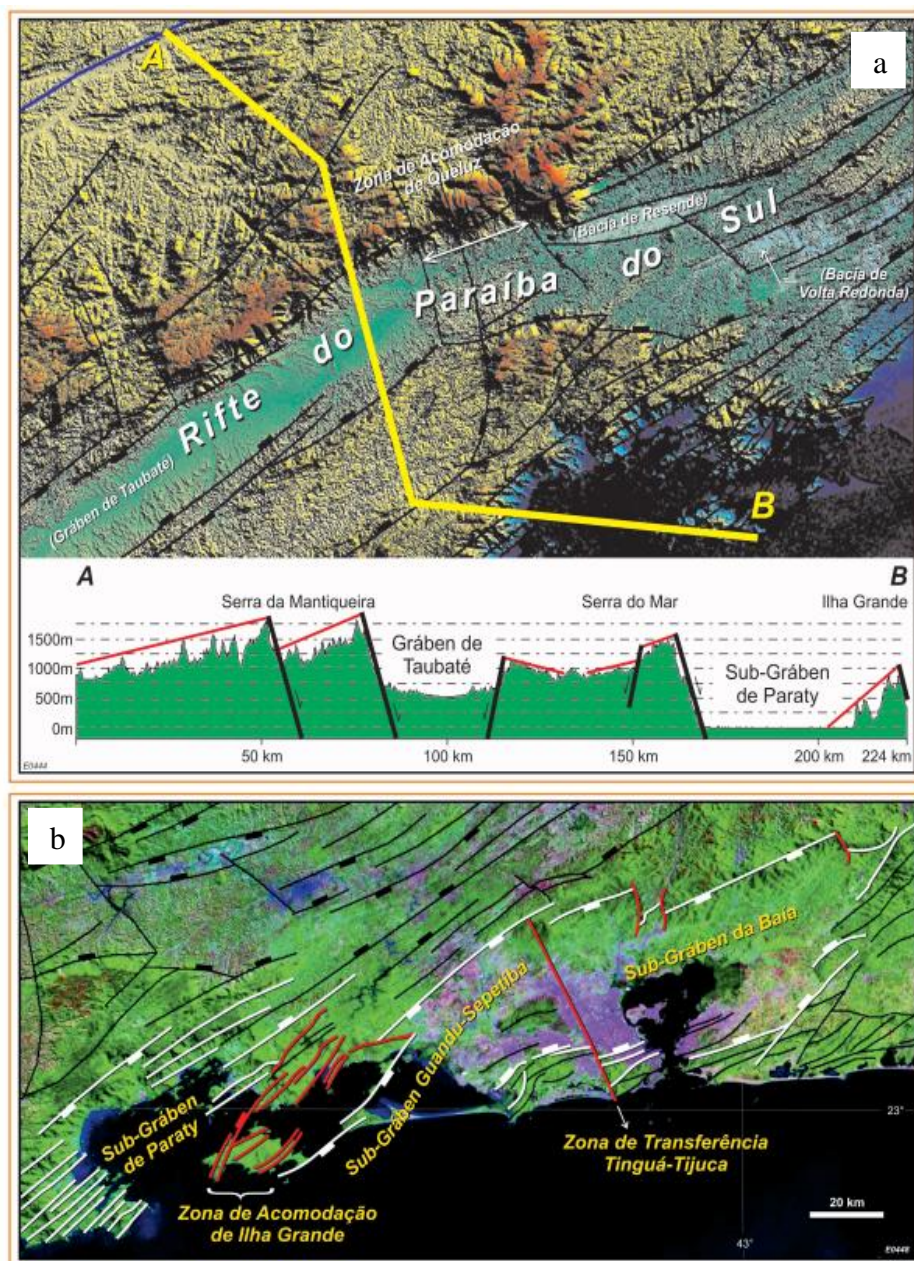


Figura 7. (a) Perfil morfo-estrutural interpretado do Rifte do Paraíba do Sul (Gráben de Taubaté) e do Rifte Litorâneo (Sub-Gráben de Paraty). (b) Imagem de satélite com a interpretação estrutural detalhada do Gráben da Guanabara; subdividido em sub-grábens da Baía, Guandu-Sepetiba e Paraty, pelas Zona de Transferência Tinguá-Tijuca e Zona de Acomodação de Ilha Grande-Sepetiba. Fonte: Zalán e Oliveira (2005).

De acordo com o MMA (2002), a Piscina do Caixa D'Aço está localizada em uma estrutura complexa de alto grau, onde a geologia é composta por uma associação de charnoquitos equigranulares a porfíricos de coloração esverdeada, isotrópico, granulação média a grossa, gnaisses de fácies anfíbolíticas, quartzo dioritos e quartzo mangeritos (Charnoquitos - ch). Próximo à piscina são encontradas associações de colúvio-aluvionares com matacões, blocos e seixos imersos em matriz areno-argilosa ou arenosa (Colúvio-aluvionares -

ca); e cordões marinhos e praias onde predominam areias finas marinhas, podendo ocorrer argila e matéria orgânica intercaladas (cm) (Figura 8).

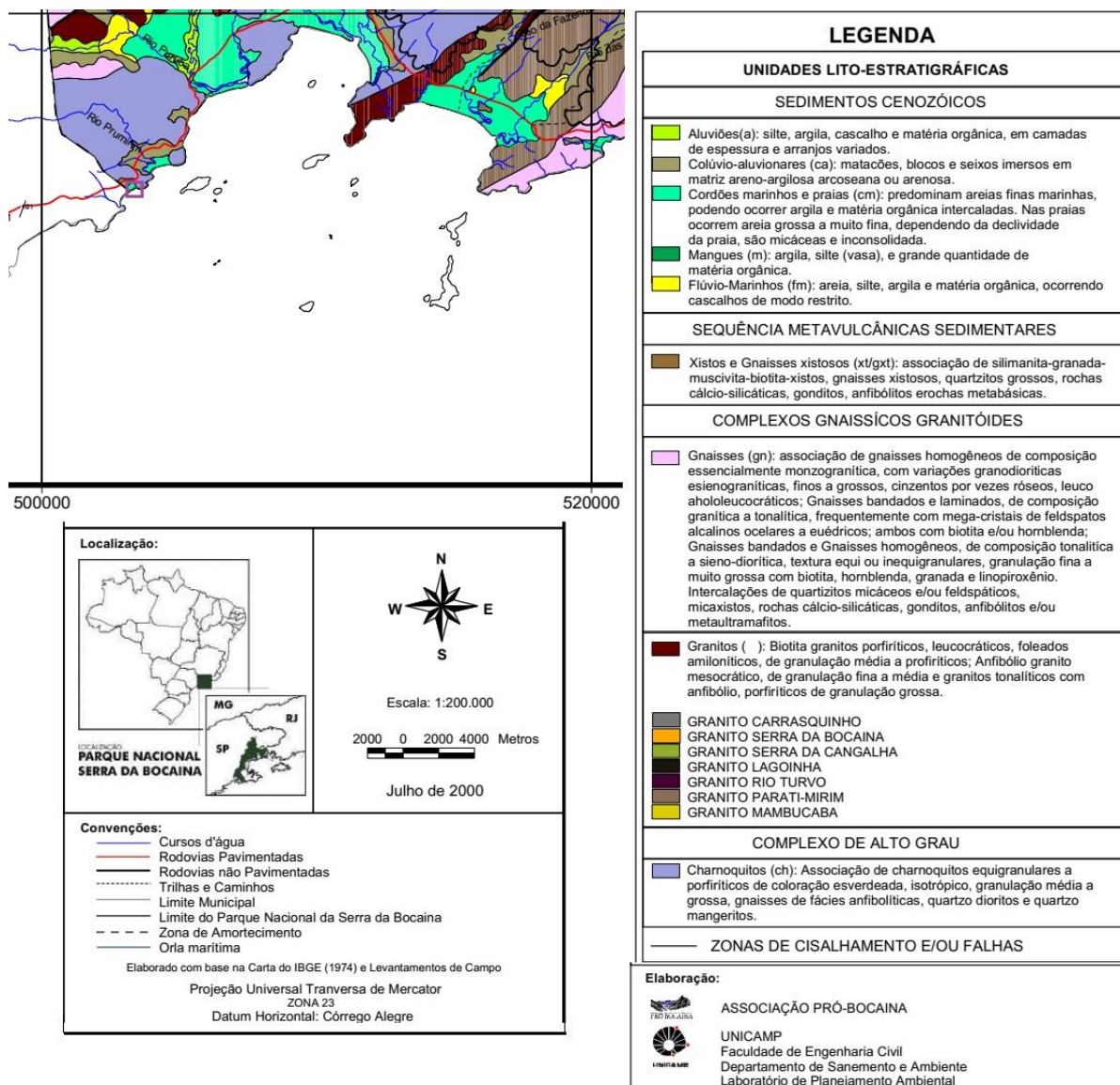


Figura 8. Mapa geológico da zona de amortecimento do litoral do PNSB. Fonte: MMA (2002).

Já sob as trilhas estudadas, o embasamento geológico é do Granito Paraty-Mirim e de sedimentos colúvio-aluvionares (Figura 9).

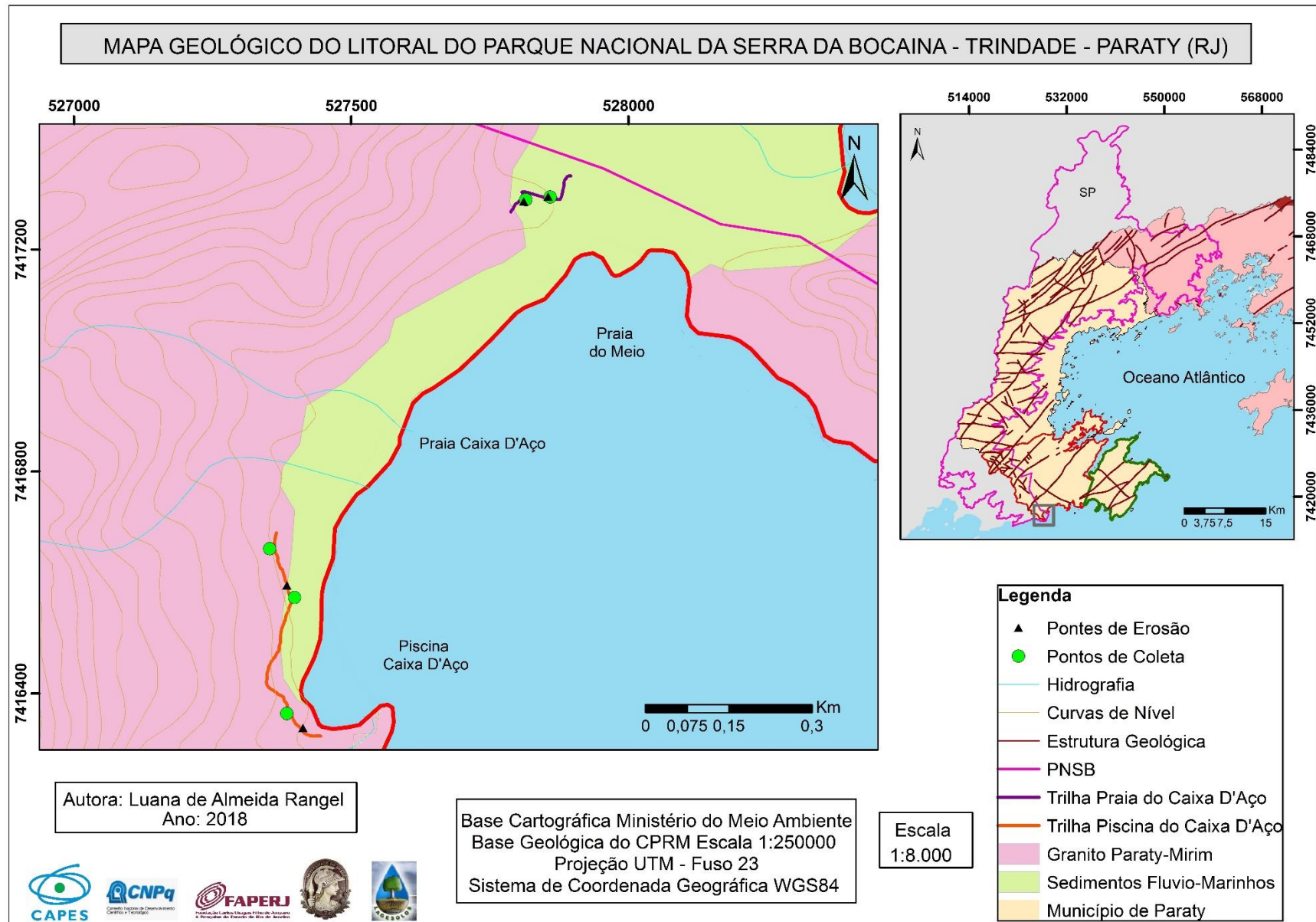


Figura 9. Mapa geológico da Vila de Trindade. Fonte dos dados: CPRM (escala 1:250.000).

Com relação à geomorfologia, Zalán (2004), Zalán e Oliveira (2005), Guerra *et al.* (2013), Silva e Silva (2016), destacam que a Serra do Mar entre os municípios de Paraty e Angra dos Reis divide-se em duas unidades morfológicas: 1) o Planalto Cristalino Atlântico, relacionado a atividade tectônica que deu origem a Serra do Mar; 2) e o Vale do Paraíba do Sul, relacionado aos eventos Serra do Mar e Serra da Mantiqueira. Além destas existem outras unidades geomorfológicas dos terraços fluviais e das planícies flúvio-marinhas que constituem Paraty e Angra dos Reis.

Segundo Ponçano, *et al.* (1981) e o RADAM BRASIL (1983) (escala 1:250.000) o PNSB situa-se na estrutura geomorfológica do Planalto da Bocaina, que se subdivide por sua vez nos seguintes compartimentos de relevo: Planície Marinha com Cordões Litorâneos e Praias (Pcm), Planície de Maré (Pm), Planície Flúvio-Marinha (Pfm), Planície Fluvial (Pf), Cones de Dejeção e Corpos de Tálus (Cd), Morrotes (MT), Morrotes de Cimeira (MTc), Morrotes Pequenos (MTp), Morros e Morrotes Paralelos (MMTpr), Morros e Morrotes (MMT), Morros Dissecados (Md), Escarpas (E), Escarpas em Anfiteatros (Ea), Escarpas em Espigões (Ee), Montanhas e Morros (MHM).

Assim, para Ponçano *et al.* (1981) a área da Piscina do Caixa D'Aço se insere no tipo de relevo denominado Escarpas Festonadas, que apresentam declividade superior a 27°, são formadas por anfiteatros com interflúvios de topos angulosos, vertentes de perfis retilíneos; possuem drenagem de alta densidade com padrão dendrítico e vales fechados por vezes com cones de dejeção; o substrato rochoso é composto por granitos, gnaisses, granitóides e migmatitos; e os principais processos morfodinâmicos são entalhe, transporte e deposição fluvial, rastejo, escorregamento e queda de blocos frequentes e de alta intensidade. Segundo o MMA (2002), essas Escarpas em Anfiteatros possuem altitude que varia entre 950 a 1.400 metros, com associação de corpos de tálus e cones de dejeção, vales erosivos e encaixados, com canais em rocha, com cachoeiras e poços.

Para Dantas (2000) a área da Piscina do Caixa D'Aço se insere na estrutura geomorfológica das Escarpas isoladas e locais, dentro da unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico (escala 1:250.000). O autor descreve a unidade geomorfológica feições serranas e montanhosas com altitude superior a 1.000 metros, originando costões rochosos e entrecortados. É, portanto um relevo recortado por planícies flúvio-marinhas e cordões arenosos (Figura 10).

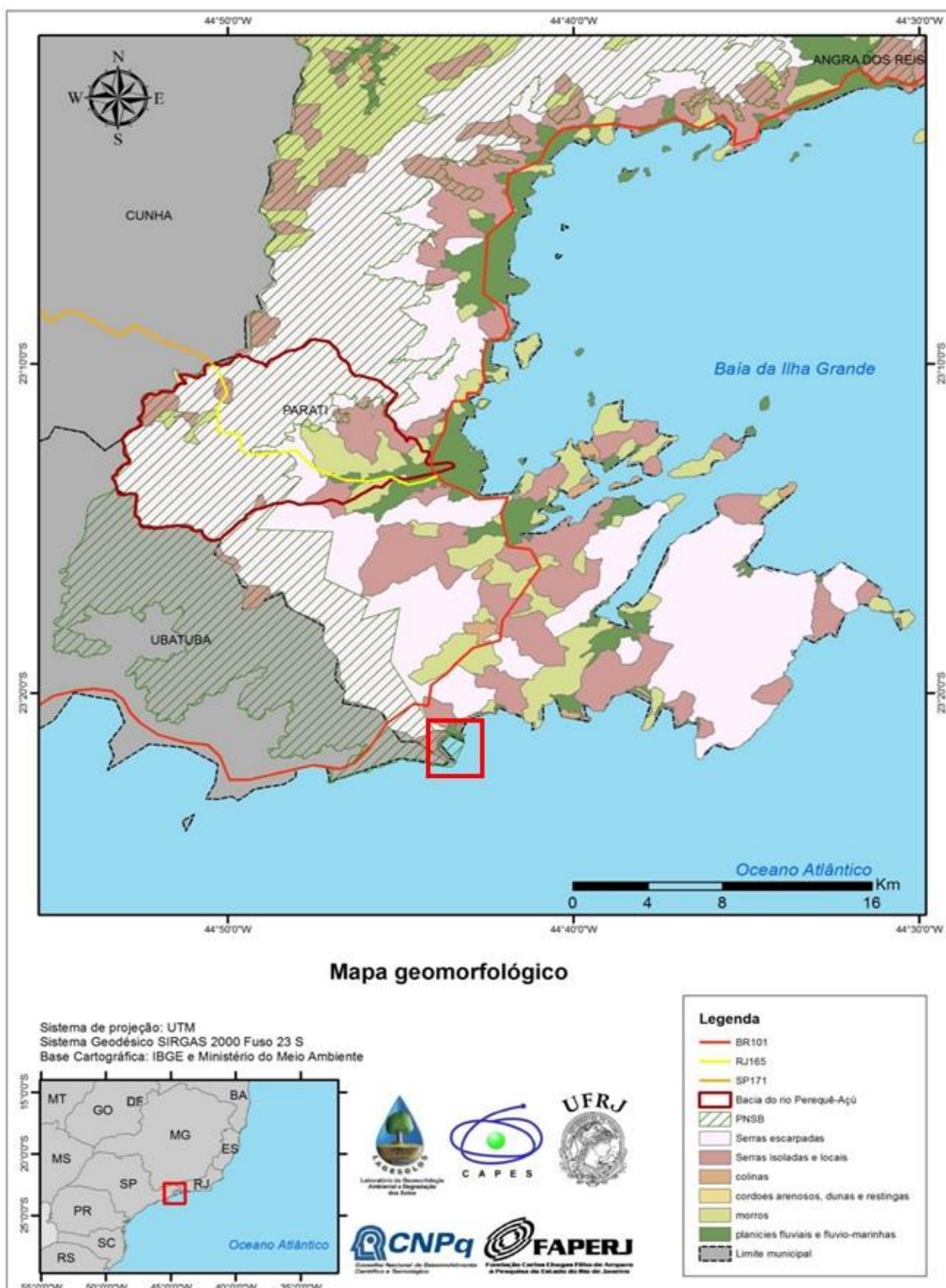


Figura 10. Mapa Geomorfológico da área de estudo, em detalhe a Vila de Trindade. Fonte: Adaptado de Silva (2014).

### 3.1.3 Caracterização pedológica

Os solos da região são constituídos por Cambissolos e suas associações com Cambissolos Húmicos, Latossolos e Argissolos, além de Espodossolos e Neossolos

Flúvicos e Quartzârenicos (MMA, 2002). Já Carvalho Filho, *et al.* (2003) mapearam, em escala 1:250.000, as seguintes classes para a região: Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, Neossolos Litólicos Distróficos, Latossolos Vermelho-amarelos Distróficos, Neossolos Flúvicos Tb Distróficos e Solos Indiscriminados de Mangue.

De modo geral, os solos do PNSB são caracterizados como rasos, na região de escarpa sobre granitos, pouco profundos a profundos no planalto sobre gnaisse e profundos na planície litorânea sobre diversos sedimentos (aluviões, colúvios-aluvionares, flúvio-marinhos, cordões marinhos e praias, e mangues), limitados pelo lençol freático (MMA, 2002).

Além disso, os solos possuem elevada acidez e altos teores de alumínio trocável em subsuperfície, que conferem toxidez em profundidade, restringindo o volume utilizável de solo para o enraizamento das plantas, com consequências sobre o desenvolvimento da cobertura vegetal. São solos com saturação por base inferior a 50%, que lhes confere o caráter distrófico. Aos solos associados às fases de relevo mais movimentado, pertencentes às classes forte ondulado, montanhoso e escarpados, somam-se limitações relacionadas com elevada suscetibilidade à erosão e impedimento ao tráfego de máquinas. Aos solos de planícies, as limitações estão relacionadas à disponibilidade de oxigênio no solo, devido à altura do lençol freático (MMA, 2002).

Para Guerra *et al.* (2013) e Silva e Botelho (2014) os principais solos da região são constituídos por Cambissolos, ocupando 70% do total da área de Paraty e Angra dos Reis, seguido pelos Latossolos (10%), solos fortemente lixiviados, ricos em óxidos de ferro e alumínio, com pouca argila e quartzo. Estes dois tipos de solos são encontrados, sobretudo, nas áreas mais elevadas. Os Neossolos, solos de pouca profundidade, também são significantes.

Silva e Botelho (2014), ao destacarem a degradação dos solos no estado do Rio de Janeiro, afirmam que os movimentos de massa são processos recorrentes no litoral sul do estado, onde está localizada a área de estudo. Este fator está diretamente relacionado com o relevo íngreme e a pluviosidade intensa na região, o que pode afetar a utilização de trilhas no interior do PNSB.

Na área onde está localizada a Piscina Natural e as trilhas analisadas ocorrem, segundo o MMA (2002), Cambissolos Háplicos Distróficos de textura média e argilosa com horizonte A moderado e proeminente (Figura 11).

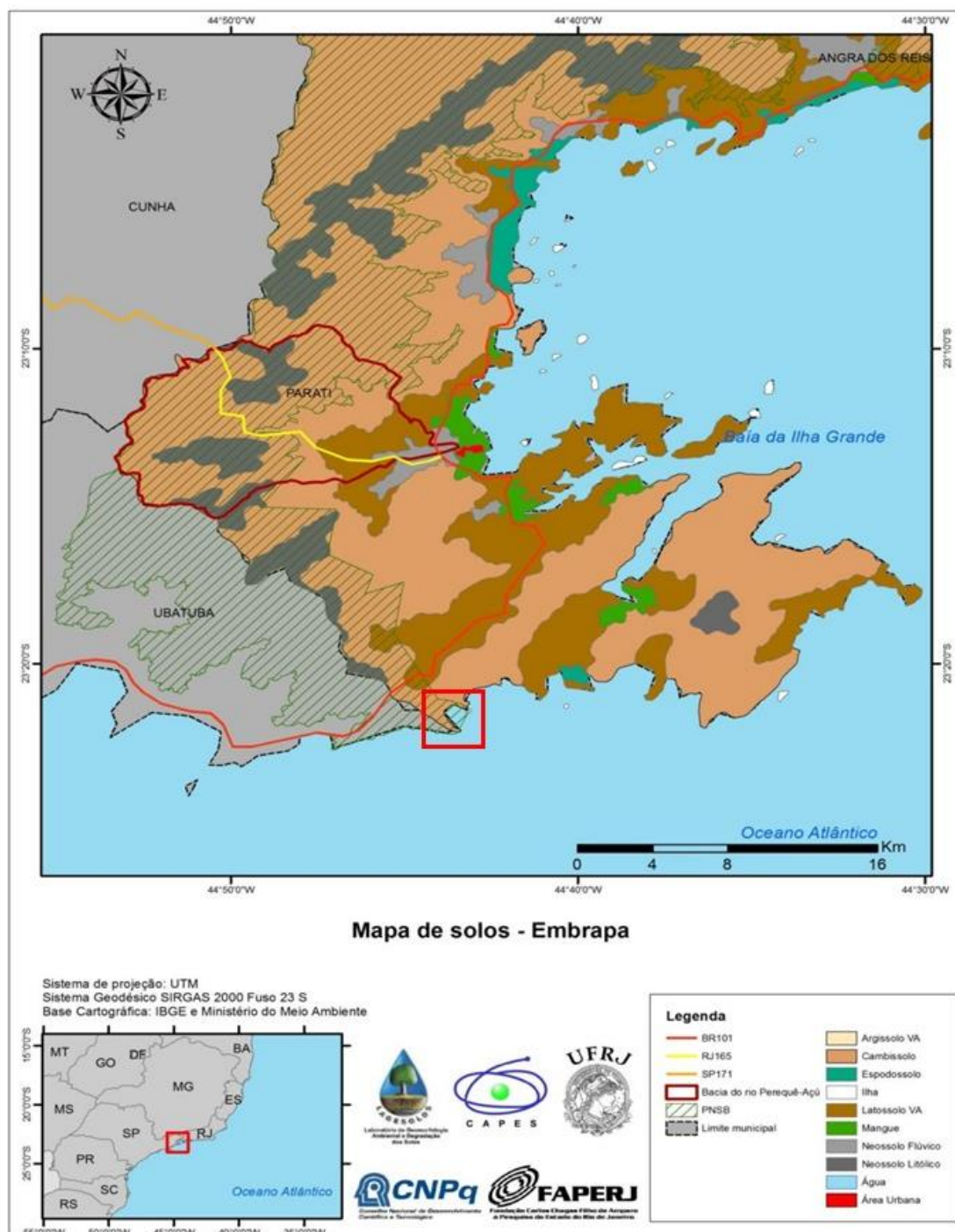


Figura 11. Mapa de Solos da área de estudo em detalhe a Vila de Trindade. Fonte: Adaptado de Silva (2014).

### 3.1.4 Vegetação

De acordo com a classificação adotada pelo IBGE (1992), o Parque Nacional da Serra da Bocaina situa-se dentro dos domínios florísticos da Zona Neotropical e agrupa a diversidade de formas vegetacionais em três tipos de formações: a Floresta Ombrófila

Densa (Submontana, Montana e Alto Montana), expressão dominante na região, a Floresta Ombrófila Mista Alto Montana, e os campos de altitude.

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; MMA, 2002).

A Floresta Ombrófila Densa ocupa atualmente cerca de 85% da área do Parque. São 91.200 hectares entre os 104.000 hectares da cobertura vegetal original, ou seja, perderam-se 15% de florestas por ações antrópicas (MMA, 2002). Ela 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 12).

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 - precipitações médias anuais de 1.800 mm a 2.200 mm). 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 12. Floresta Ombrófila Densa nas trilhas para a Piscina do Caixa D’Aço, no PNSB. Foto: L. A. Rangel (2014).



Já a floresta Ombrófila Mista, foi definida na classificação do IBGE (1992) como uma formação típica do Planalto Meridional, apresentando disjunções florísticas em refúgios situados nas Serras do Mar e Mantiqueira. Esta floresta encontra-se interiorizada no Planalto Dissecado da Bocaina, entre 800 e 1.200m, sobre o embasamento e nas depressões, principalmente nos anfiteatros de erosão (MMA, 2002).

Por fim, os campos ocorrem em altitudes acima de 1.500 m. e estão condicionados aos aspectos climáticos e geológicos locais, caracterizando-se pela presença de solo raso, pedregoso, com rochas expostas e vegetação predominantemente graminosa e rasteira, sob a forma de um tapete herbáceo contínuo, ou em tufos de aspecto xerofítico. Os campos podem ser mapeados como áreas extensas, ocupando mais de 2.500 ha, ou seja, 2,4% da área do Parque, que não é mais a área original, visto que, os campos, sofreram com o processo de antropização.

### 3.2 A Vila de Trindade

De acordo com o MMA (2002), Trindade é um bairro de Paraty, formado originalmente por uma comunidade tradicional caiçara, que realizavam atividades de roça, caça e pesca para subsistência. Na época de elaboração do plano de manejo do PNSB, existiam 151 imóveis registrados na Prefeitura Municipal de Paraty, além de outros registrados como imóveis rurais. Santos (2016, p. 31) afirma que “*Os dados demográficos mais recentes indicam que Paraty tenha aproximadamente 38 mil habitantes (IBGE, 2015), e o PNSB estima que aproximadamente 1000 pessoas vivam na Vila de Trindade*”.

Parte da vila fica localizada dentro dos limites do PNSB – inclusive área marinha - e toda ela está localizada dentro da Área de Proteção Ambiental Cairuçu (APA-Cairuçu). A sobreposição das Unidades de Conservação - o Parque de proteção integral, ou seja, mais restritivo, e a APA, de uso sustentável, isto é, com menos restrições com relação às atividades desenvolvidas – intensifica os conflitos de uso e ocupação do solo já existentes. Porém, as normas e recomendações do PNSB que são adotadas na área, justamente, por ser uma UC mais restritiva.

#### **3.2.1 Aspecto histórico e conflitos pela manutenção da cultura caiçara**

Apesar de não existir nenhum registro oficial, a Vila de Trindade abriga comunidade tradicional caiçara há mais de 300 anos (LHOTTE, 1982) e, a partir da década

de 1970 o histórico de conflitos pelo uso da terra se intensificou. Pereira (2001, *in* CONTI; ANTUNES, 2012, p. 217) destaca que, na referida década, a empresa multinacional Brascan tentou construir um condomínio de luxo e como diversos moradores se recusaram a deixar suas casas: *“a empresa enviou para a área jagunços armados, reclamando o direito de posse da terra, destruindo as poucas construções existentes e desabrigando moradores”*.

O conflito de terras, continua existindo, pois, mesmo após a comunidade local conseguir garantir o direito à terra na justiça após trinta e cinco anos, a empresa, atualmente denominada Trindade Desenvolvimento Territorial (TDT), continua atuante na área. Em junho de 2016, o assassinato de um morador local por seguranças da empresa, reacendeu as disputas e indignação da população local.

A criação do Parque Nacional da Serra da Bocaina em 1971, também influenciou a dinâmica da população local. A ausência dos gestores do Parque à época e a presença, muitas vezes contraditória, da gestão na atualidade, é um fato que preocupa a população. Essa situação é destacada por Conti e Antunes (2012, p. 218):

A “ausência do Parque” durante muitos anos na Trindade é um importante motivo de “desconfiança” com relação às intenções dos administradores dessa unidade. O fato de a equipe técnica do Parque, depois de mais de 30 anos de ausência na localidade (Esta ausência ocorreu por causa da grande extensão territorial do PNSB, da dificuldade de limitação da área da UC, da ausência de pessoal e, principalmente, em função dos graves problemas fundiários que deveriam ser enfrentados.), ter a missão atual de implementar efetivamente a UC, vem causando incertezas, principalmente na parcela da população que viveu o conflito pela posse das terras com a empresa Brascan. Esses atores se mostram receosos com o fato de os administradores do PNSB definirem normas para a vida da localidade, até mesmo impedindo e/ou controlando práticas e atividades ali consolidadas. A ausência histórica dos administradores do Parque e os conflitos gerados pela falta de informação sobre os objetivos da UC e os limites de uso do território assim como os conflitos gerados pelas atitudes de alguns administradores – consideradas autoritárias pelos trindadeiros (...) (CONTI; ANTUNES, 2012, p. 218).

A atividade turística teve início com a construção da BR 101 na década de 1980. Os visitantes acampavam próximos às casas ou alugavam quartos. Conti e Antunes (2012) destacam que após a construção da rodovia PRT-101, único acesso regular à vila de Trindade, o fluxo de turistas se intensificou; e, em 1999, a pavimentação dessa rodovia e a chegada da telefonia à Trindade contribuíram para o aumento significativo do fluxo de visitantes no local, e conseqüentemente, da utilização das trilhas para a piscina natural Caixa D’Aço. De acordo com Pereira (2001), as casas de veraneio, pousadas, restaurantes e bares, construídas de modo desorganizado, concorreram com as práticas comerciais da

população local, aumentando os conflitos entre a população e os novos moradores e o desordenamento no uso do solo da Vila.

A partir disso, e das restrições impostas pelos gestores do Parque, o turismo se tornou a principal atividade local; diversas residências de antigos moradores foram transformadas em pousadas, bares e restaurantes. A vila recebe, de acordo com o MMA (2002) fluxo constante de turistas durante todo o ano, aumentando significativamente no verão e feriados prolongados.

A pesca e o artesanato caiçara vêm sendo resgatados através do acervo histórico que possuem, porém, poucos residentes plantam para subsistência ou pescam. A população avalia que a pesca diminuiu significativamente, estando proibida nos limites marinhos do Parque. De acordo com o MMA (2002, p. 5.186) a população local considera a piscina natural Caixa D'Água: *“um dos maiores atrativos turísticos de Trindade, sendo igualmente importante para a procriação de peixes e o lugar onde guardam as canoas quando o mar está agitado”*.

Conti e Irving (2014) destacam inúmeros problemas apresentados pelos trindadeiros, relacionados ao desenvolvimento da atividade turística de forma desordenada e às mudanças na cultura tradicional da população caiçara:

Em relação aos problemas relacionados ao aumento do fluxo do turismo na região, esses atores sociais apontam a superlotação da vila em períodos de alta temporada (como natal, *réveillon*, carnaval e semana santa); o aumento do lixo e do esgoto; a contaminação e a degradação das áreas florestais, cachoeiras e praias; a violência; o excesso de ruídos; as drogas; e o trânsito, como as questões mais graves a serem enfrentadas. Esses problemas impactam tanto a natureza quanto o modo de vida local, gerando tensões e dificuldades para a gestão da área. Além das consequências da superlotação nos períodos de alta temporada, mudanças indesejadas no dia-a-dia da população são também assinaladas como problemas resultantes do atual modelo de desenvolvimento do turismo na vila, principalmente porque afetam a cultura e o modo de vida local. Tais mudanças estão associadas, na visão dos trindadeiros, à descaracterização das festas populares, à transformação de hábitos alimentares e à renúncia progressiva das atividades de roça e pesca como meios de subsistência (CONTI, IRVING, 2014, p.529).

Fica evidente o histórico de luta da população local, não só pelo direito de posse das terras, mas também pelo direito de manutenção da cultura caiçara que vem sendo esquecida e reprimida não só pelas restrições impostas pelo Parque, mas também pelo processo de desenvolvimento que nem sempre, ocorre de forma justa. Sobre esse aspecto Conti e Antunes (2012) afirmam que:

(...) grande parte da população da vila de Trindade, assim como diversas áreas do município de Paraty, vem sofrendo um processo de marginalização resultante do “desenvolvimento” proporcionado pelo turismo. A chegada da urbanização, a partir dos anos 70, significou o começo da era do “desenvolvimento”, entendido como antítese de envolvimento. Até então, as populações caiçaras tinham uma vida adaptada às características das florestas, rios e mares das suas regiões, constituindo uma integração intensa com a natureza. (CONTI; ANTUNES, 2012, p. 217).

Dessa forma, as restrições impostas à comunidade local com relação ao uso dos recursos naturais, potencializam um processo de resistência dos atores locais à existência da UC, surgindo, assim, os conflitos de interesses, visto que, as demandas de preservação e conservação da natureza evidenciadas pelo Parque, se contrapõem a algumas necessidades de sobrevivência dos caiçaras.

## CAPÍTULO 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre temas de relevância para a tese e sobre a área de estudo, destacando características de implementação do Parque Nacional da Serra da Bocaina, aspectos físicos, históricos, econômicos e culturais. Foram levantados dados de órgãos públicos como IBGE, ICMBIO, MMA, IBAMA; e foram consultados documentos como livros, teses, artigos, relatórios, legislações, entre outros. Os temas principais pesquisados foram: uso público em Unidades de Conservação; geoturismo; geodiversidade; geoconservação, patrimônio geológico e geomorfológico; trilhas e degradação dos solos.

### 4.1 Análise dos impactos nas trilhas

Para análise do solo, foram coletadas amostras em duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, deformadas e indeformadas, em dois pontos na trilha Praia do Meio – Praia Caixa D’Aço (PMC) e em três pontos na trilha Praia Caixa D’Aço – Piscina Natural Caixa D’Aço (PNC). Essas trilhas foram escolhidas, por serem consideradas as mais utilizadas da vila de Trindade, bem como, por permitirem acesso à piscina natural Caixa D’Aço que é o principal atrativo do litoral do PNSB.

Foram realizados trabalhos de campo nos meses de abril, maio e outubro de 2015; junho e setembro de 2016; fevereiro, junho e setembro de 2017. As amostras para análise da qualidade do solo foram coletadas nos meses de abril e maio de 2015, já nos outros trabalhos de campos foram realizadas observações *in situ* da degradação e dos impactos da atividade turística e, também, foi realizado o monitoramento das pontes de erosão. Foram coletadas amostras na área de borda da trilha, isto é, no talude, definido pelo *buffer* de 5 metros a partir do limite da área pisoteada da trilha (Figura 13).

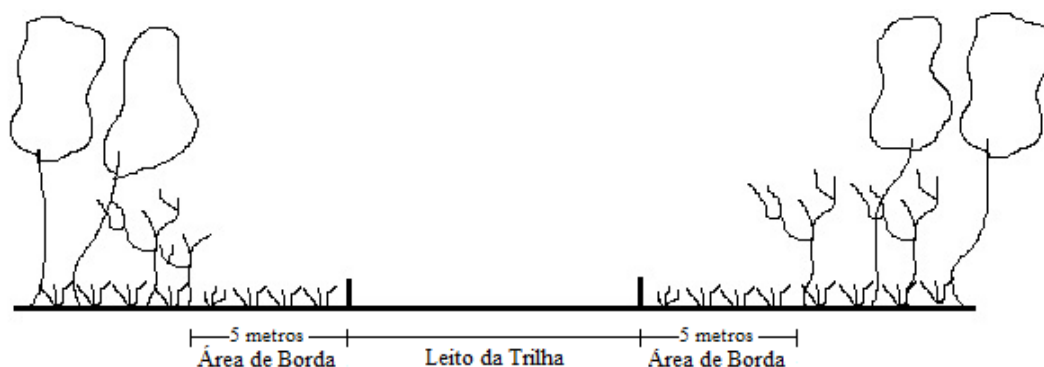


Figura 13. Esquema da área de borda da trilha, definida pelo buffer de 5 metros. Elaboração própria (2016).

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. Lepsch (2011) destaca que os primeiros centímetros da parte mais superior do solo, muitas vezes, detêm informações fundamentais para o entendimento sobre o crescimento das plantas e a diversidade biológica, bem como certos processos hidrológicos. Neste sentido, alterações nesses primeiros centímetros devem ser analisadas. Ademais, Castro Filho *et al.* (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. Para pesquisas em trilhas, a análise das duas profundidades supracitadas, permite avaliar o efeito do pisoteio e a possível remoção de horizontes superficiais do solo.

As amostras foram coletadas em intervalos de aproximadamente 80 metros na trilha da Praia do Meio até a Praia Caixa D'Aço e de 130 metros na trilha Praia Caixa D'Aço à Piscina Natural Caixa D'Aço. 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. Os pontos de coleta e a instalação das pontes de erosão foram escolhidos a partir da observação em campo, da ocorrência de processos de degradação, erosivos ou de alterações no ambiente natural.

As amostras volumétricas retiradas em anel (volume conhecido: 100 cm<sup>3</sup>) foram coletadas para determinação da densidade do solo (EMBRAPA, 2011), os blocos de solo coletados foram utilizados para determinar a estabilidade de agregados em água (YODER, 1936), e as amostras deformadas foram coletadas para análise da textura, densidade de partículas e o teor de matéria orgânica através da oxidação por dicromato e da queima em forno mufla. 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*” (2011).

Para análise da capacidade de penetração do solo foi utilizado um penetrômetro da marca Solotest, de cone com anel dinamométrico. As medições foram realizadas no leito e na área de borda da trilha – nos cinco pontos determinados - a fim de comparar a resistência do solo nos dois ambientes.

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

#### **4.1.1 Propriedades físicas do solo**

A seguir serão apresentadas as propriedades físicas do solo que foram avaliadas no desenvolvimento da pesquisa: estabilidade de agregados, textura, densidade aparente e de partículas e porosidade do solo.

##### **4.1.1.1 Textura**

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, 2011, p. 43). A classificação textural do solo desta pesquisa seguiu os parâmetros do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2015).

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.

Transcorrido o tempo de acordo com a temperatura indicada no Manual da Embrapa (2011), 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.

#### **4.1.1.2 Densidade do solo**

Para a determinação da densidade do solo, foi utilizado o método do anel volumétrico, proposto pela Embrapa (2011). Portanto, foram coletadas amostras em um anel de aço de volume conhecido (100 cm<sup>3</sup>) 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.

#### **4.1.1.3 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, 2011).

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.

#### **4.1.1.4 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 do método da EMBRAPA (2011).

#### **4.1.1.5 Capacidade de Penetração do solo**

A penetrometria do solo foi realizada no leito e na área de borda das trilhas para efeito de comparação entre os dois ambientes, um com pisoteio e outro sem o pisoteio, através da utilização de um penetrômetro de impacto. Seguiu-se o método proposto por Almeida (2005) e Figueiredo *et al.* (2010), no qual foram realizadas três repetições de



penetrometria para cada área. A partir das três repetições foi gerada uma média e foi aplicado o teste estatístico. O penetrômetro da marca *Solotest* possui um cone de ângulo de 90° em relação à superfície do terreno e um anel dinamométrico, cuja atuação mede a resistência máxima à penetração do cone na superfície do solo. Para efetuar as medições, posiciona-se o penetrômetro verticalmente, aplicando pressão manual o mais constante possível, até introduzir totalmente o cone no solo (Figura 14).



Figura 14. Medição da capacidade de penetração no leito da trilha PNC através da utilização do penetrômetro. Foto: L. A. Rangel (2016).

As medidas foram lidas em kilograma-força (Kgf), realizando a leitura no dinamômetro analógico instalado no anel do penetrômetro, e convertendo-as para a carga aplicada. Essa carga é obtida lendo no gráfico que acompanha o equipamento (curva de calibração do anel), ou interpolando, a partir da tabela de calibração, a carga máxima de penetração registrada no dinamômetro. A resistência de penetração (em Kgf/cm<sup>2</sup>) foi obtida dividindo-se a carga de penetração (Kgf) pela área da base do cone (cm<sup>2</sup>). Como o diâmetro da base do cone é 28,4 mm, a área da base do cone é 6,33 cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.1.6 Estabilidade de agregados em água

Para determinar a estabilidade de agregados em água – método proposto por Yoder (1936), modificado por Castro Filho *et al.* (1998, 2002) e adaptado por Cesário *et al.* (2010) – foram coletados em campo, blocos de solo (Figura 15) nas profundidades de

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 15. Abertura de trincheira para coleta de blocos para realização da estabilidade de agregados. Fotos: L. A. Rangel (2015).

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 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.

As amostras oscilaram durante 15 minutos, com aproximadamente 32 rotações por minuto (EMBRAPA, 2011). 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 16).

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



Figura 16. Processo de coleta e análise das amostras para determinação da estabilidade de agregados em água. Fonte: Rangel (2014).

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 Propriedades químicas do solo**

A seguir são apresentadas as propriedades químicas do solo que foram avaliadas no desenvolvimento da pesquisa: teor de matéria orgânica e pH do solo.

##### **4.1.2.1 Teor de matéria orgânica**

Para a obtenção do teor de matéria orgânica do solo foi utilizado o método de oxidação matéria orgânica por via úmida, com dicromato de potássio, em meio sulfúrico (EMBRAPA, 2011).

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 17).

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 mol L<sup>-1</sup>, 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. Já, 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, 2011).



Figura 17. Erlenmeyers antes da titulação (esquerda); e após a mudança da coloração da solução para verde, encerrando a titulação. Fonte: Rangel (2014)

Segundo Silvério e Gonçalves (2008) este método apresenta algumas limitações, como, por exemplo, o questionamento sobre a capacidade de oxidação do dicromato de potássio em refletir o teor de carbono orgânico total (SILVÉRIO; GONÇALVES, 2008); e interferências como a oxidação ou redução de constituintes do solo como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{MnO}_2$ , além do impacto ambiental do cromo (Cr), que chegou a motivar países a adotar a análise de perda de massa por ignição (ESCOSTEGUY *et al.*, 2007). Apesar disso, segue sendo o método mais empregado no Brasil (IBGE, 2015; SILVÉRIO; GONÇALVES, 2008; LOUREIRO, 2013), oferecendo resultados de melhor exatidão, e oxidando materiais orgânicos mais reativos do solo, além da não necessidade de equipamentos especializados (ESCOSTEGUY *et al.*, 2007).

#### 4.1.2.2 pH do solo

Para medir o pH dos solos foi utilizado o medidor de pH (Analyser modelo pH 300 M) (Figura 18) de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (2011), determinando o pH em água e em cloreto de potássio (KCl), produzido pela dissolução de 74,5g de KCl P.A. em água destilada, com 1L de solução concentrado à 1N. O aparelho é estabilizado antes da aferição, com soluções tampão de pH 4,00 e pH 7,00. Pesa-se 10g de amostra deformada e adiciona-se 25ml de água em um becker, e outras 10g da mesma amostra tem adicionada também 25ml de KCl. Em ambos os beckers, com água e com

KCl, as amostras são agitadas com bastão de vidro e deixadas em repouso por 1 hora. Passado este período, agita-se novamente com bastão de vidro e procede-se a leitura do pH.

#### **4.1.3 Análise estatística**

Em cada ponto de coleta foram realizadas três repetições para análises de estabilidade de agregados, densidade do solo, granulometria, capacidade de penetração, matéria orgânica e pH. Os resultados apresentados correspondem às médias dessas repetições. Primeiramente, foram realizados o teste de normalidade e análise de probabilidade para inferir quais testes estatísticos seriam utilizados.

Os testes estatísticos realizados para comparar esses resultados foram *Tukey* e *Kruskal-Wallis*. O primeiro é um teste de comparação de média que serve como um complemento para o estudo da análise de variância. Ele é utilizado para testar toda e qualquer diferença entre duas médias de um mesmo tratamento visando definir a menor diferença significativa (TRIOLA, 2008).

Já o *Kruskal-Wallis* 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.

#### **4.1.4 Microtopografia do solo**

Para medir a microtopografia do solo foram instaladas, estacas de erosão numa secção transversal ao leito da trilha, de uma borda a outra, de acordo com Ferreira (1996). Foram monitorados quatro pontos, dois em cada trilha, sendo que eles foram escolhidos a partir das características do leito, isto é, quando fossem observados processos erosivos. O monitoramento ocorreu nos meses de junho e outubro de 2016 e em fevereiro, junho, outubro de 2017. Foram monitorados quatro perfis transversais, dois na trilha Praia do Meio-Praia Caixa D'Aço (PMC) e dois na trilha Pra Caixa D'Aço- Piscina natural Caixa D'Aço (PNC).

A ponte de erosão utilizada foi desenvolvida por Shakesby (1993) e foi adaptada para trilhas por Silva e Castro (2015). Para elaboração do perfil, são utilizadas estacas de madeira de 50 centímetros (úteis para o nivelamento), sarrafos de 2 metros (ponte de erosão), vareta de ferro de 1 metro (vareta de medição). A ponte possui 100 furos (pontos de análise), distribuídos numa equivalência de 2 centímetros. Para a instalação da “ponte de erosão” é necessário fincar as duas estacas nas bordas da seção transversal escolhida. Logo depois, utiliza-se o nível de madeira para nivelar. Os valores de cada ponto de análise foram retirados com o auxílio de uma trena de medição, após o nivelamento da ponte (Figura 18).

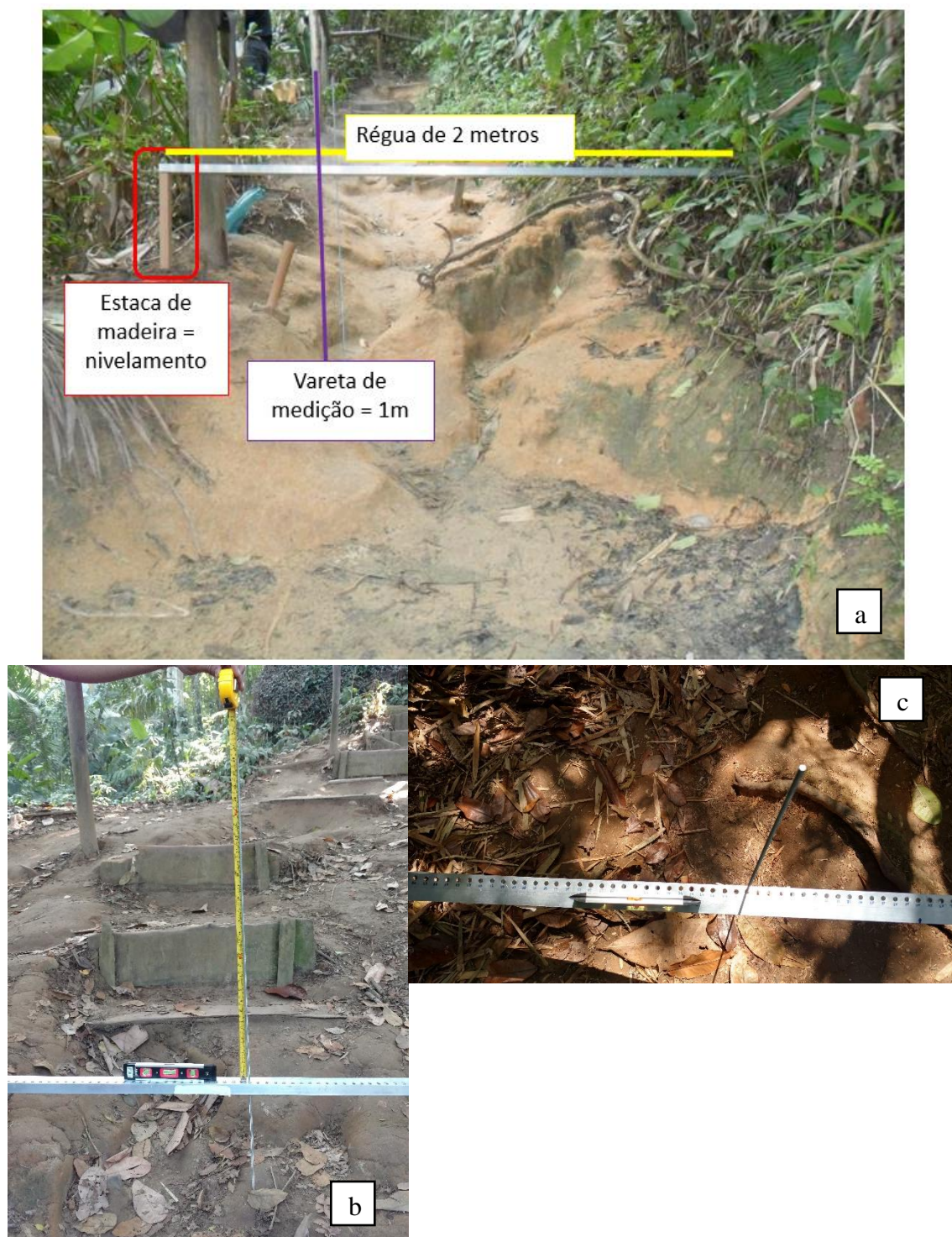


Figura 18. (a) Ponte de erosão utilizada na trilha para a Praia Caixa D’Aço. Foto: L. A. Rangel (2016). (b) Monitoramento da microtopografia do solo utilizando a ponte de erosão. Foto: L. A. Rangel (2017). (c) Visão de cima do nivelamento e da marcação em centímetros na régua da ponte de erosão. Fonte: Rangel e Guerra (2018).



A partir da medição da erosão do leito é elaborado um gráfico, no *software* Excel com a evolução dos processos erosivos ao longo do tempo de monitoramento. A partir da análise do gráfico é possível observar pontos onde há acúmulo e retirada de sedimentos, bem como, observar onde há intenso pisoteio e retirada de partículas do solo pelo escoamento de água.

#### **4.1.5 Grau de dificuldade e perfil de elevação**

As trilhas podem ser classificadas quanto à função, utilizando-as em serviços administrativos (normalmente por guardas ou vigias, em atividades de patrulhamento, ou pelo público visitante), de interpretação do ambiente natural e de viagens de travessia ou aventura; quanto à forma (circular, oito, linear e atalho); quanto ao grau de dificuldade (caminhada leve, moderada e pesada) e quanto à declividade do relevo (ascendentes, descendentes ou irregulares) (PAGANI, 1996).

O grau de dificuldade da trilha foi analisado de acordo com o “*Manual de construção e manutenção de trilhas*” proposto pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2009), no qual há divisão da trilha em trechos, de acordo com sua declividade. A variação de declividade foi definida de acordo com Dias *et al.* (1986), onde os autores classificam a trilha da seguinte maneira: 0 – 10% - leve; 10 – 30% - média; 30 – 50% - difícil; 50 – 100% - muito difícil, e > 100% - alpinismo.

Segundo Andrade (2003), a classificação do grau de dificuldade é subjetiva pois depende da presença de acidentes geográficos, de desníveis de altitude e da qualidade topográfica do terreno. Logo, segundo o autor, o grau de dificuldade varia de pessoa para pessoa, dependendo do condicionamento físico e do peso da bagagem (mochila) carregada. Acrescenta-se, ainda, que ele depende da própria limitação pessoal, como por exemplo uma deficiência física ou visual. Além disso, classificação do grau de dificuldade de trilhas é distinta para trilhas guiadas e trilhas autoguiadas.

Segundo Salvati (2006 *in* ANDRETTA, 2006) as trilhas podem ser guiadas ou autoguiadas. As trilhas autoguiadas geram uma maior autonomia aos visitantes, e por isso devem ser bem estruturadas na sinalização com o intuito de informar e aproximar o visitante do ambiente natural, não pensando, somente no final da trilha, mas sim em toda a aprendizagem e na interação dos indivíduos com o ambiente. Portanto, elas:

(...) têm como principal função facilitar a caminhada e permitir o contato dos visitantes com o meio ambiente sem a presença do guia.

Assim, recursos visuais e gráficos indicam a direção a seguir, os elementos a serem destacados (árvores nativas, plantas medicinais, ninhos de pássaros etc.) e os temas desenvolvidos (mata ciliar, recursos hídricos, etc.). (SALVATI *in* ANDRETTA, 2006, p.4)

Já, as trilhas guiadas necessitam a presença de alguém capacitado, o guia, que levará a pessoa ou grupo durante todo percurso, o que garante um contato entre o visitante e a comunidade e também gera renda ao local. É necessário que a distância do percurso e a dificuldade sejam explicitadas antes do passeio. Neste sentido, os autores supracitados afirmam que:

Trilhas guiadas são aquelas acompanhadas por guias ou condutores. Sua principal característica é o estabelecimento de um canal de comunicação e uma relação afetiva entre o intérprete e os visitantes. A preparação física e técnica, e os conhecimentos ecológicos do guia/condutor de ecoturismo são os principais instrumentos de investigação e interpretação da região a ser conhecida (SALVATI *in* ANDRETTA, 2006, p.4).

Geralmente a classificação para trilhas guiadas é elaborada utilizando-se combinações de letras (variando de A a E) e de números (de 1 a 3), aquelas referindo-se ao nível técnico e estas à intensidade.

Neste sentido, o *Mountain Travel* (1985 *in* ANDRADE, 2003) considera os seguintes parâmetros de intensidade: 1 - Fácil 2 - Moderada 3 – Difícil. Já de nível técnico são destacados: A - Fácil, é necessária apenas boa saúde; B - Requer atividade física como caminhada de 3 a 7 horas ao dia; C - Caminhadas equivalentes a B só que acima de 4.500m, o que requer melhor condicionamento físico; D - Grande condicionamento físico, com experiência básica de montanhismo; E - É necessária comprovada experiência de pelo menos três anos no tipo de expedição.

Já nas trilhas autoguiadas, como no caso das trilhas analisadas no PNSB, o grau relativo de dificuldade é determinado da seguinte forma: 1 - Caminhada leve; 2 Caminhada moderada; 3 - Caminhada pesada. Nessa classificação leva-se em conta o comprimento da trilha, características do relevo, necessidade ou não de acampar, características de sinalização e a existência de mapas ou roteiros (ANDRADE, 2003).

Assim, para definir o grau de dificuldade foi utilizada, a metodologia proposta Rangel (2016) que adapta as proposições de Dias *et al.* (1986) e Andrade (2003), na qual são avaliadas a declividade da rampa média e a distância a ser percorrida; e acrescenta na avaliação as características do corredor (situação do piso, presença de árvores caídas no leito da trilha e presença de vegetação no talude superior e inferior).

Além disso, foram considerados aspectos da NBR 15505-2 (ABNT, 2008), na qual são explicitadas normas para segurança no turismo. Foram avaliados os seguintes parâmetros apontados pela norma: severidade do meio, orientação no percurso, condições do terreno e comunicação da classificação.

A variação de declividade será representada pelo perfil de elevação da trilha que foi elaborado a partir da observação de imagens de satélite *DigitalGlobe* do ano de 2016 e da ferramenta “Perfil de Elevação” disponível no *software* Google Earth Pro (2016) e posterior confirmação dos trechos em campo, sendo mapeados diferentes trechos.

#### **4.1.6 Protocolo de Avaliação Rápida para trilhas de montanha (PAR-TM)**

Para avaliação do ambiente e dos impactos observados na trilha, a fim de auxiliar o seu planejamento e consolidação, foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha (PAR-TM). O PAR-TM foi elaborado por Rangel e Botelho (2017) a partir do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) proposto por Rodrigues (2008) e adaptado por Carreño (2012) e Duarte (2013) que, originalmente, o utilizaram para análise de rios.

Os protocolos de avaliação rápida (PAR) são utilizados para caracterizar canais qualitativamente, através de uma pontuação que descreve o estado em que o ambiente se encontra (RODRIGUES, 2008). Todos os parâmetros são avaliados e pontuados em uma escala numérica de 0 a 20 para cada trecho do canal analisado, as notas maiores apontam para um bom estado de conservação, ou seja, a pontuação aumenta à medida que a qualidade do habitat melhora. Os resultados de cada parâmetro são somados e comparados para gerar um *ranking* final. Para isso, é estabelecido um limite considerado normal, baseado em valores obtidos de locais minimamente perturbados (locais de referência). As diferenças entre os valores observados e os valores esperados em locais-controle ou a partir de condições de referência medem o nível da saúde ambiental (DUARTE, 2013).

Fernández e Raven (2001) ressaltam que a escolha dos parâmetros avaliados está intrinsecamente relacionada ao objetivo para o qual o método foi proposto e que a falta de padronização dos dados coletados dificulta a análise de séries históricas. Segundo Rodrigues (2008) e Duarte (2013), o aspecto qualitativo do método pode induzir a respostas variadas de acordo com o histórico do coletor. Por isso, o monitoramento

através dos protocolos possui a subjetividade como característica intrínseca ao método. Contudo, a subjetividade pode ser amenizada com o treinamento do avaliador.

Neste sentido, o PAR-TM (quadro 8) foi utilizado, pois considerou-se que as metodologias para análise e avaliação de trilhas já existentes não conseguiriam suprir as necessidades desta pesquisa, visto que nenhuma delas pretendeu avaliar de forma qualitativa e semiquantitativa uma trilha de forma sistêmica e rápida.

Quadro 8. Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha (PAR-TM).

<b>Parâmetro 1 – Largura do leito da trilha</b>														
<b>BOA</b>					<b>REGULAR</b>					<b>RUIM</b>				
Mais de 70% do trecho avaliado possui largura do leito da trilha entre 0,6 e 0,95 metro. A largura do corredor é superior a 1,3 metro.					De 50% a 70% do trecho avaliado possui largura do leito da trilha entre 0,6 e 0,95 metro. A largura do corredor compreende o intervalo entre 1,0 e 1,3 metro.					Menos de 50% do trecho avaliado possui largura do leito da trilha entre 0,6 e 0,95 metro. A largura do corredor da trilha é inferior a 1 metro.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 2 – Pontos para descanso ou áreas de avistamento</b>														
<b>BOA</b>					<b>REGULAR</b>					<b>RUIM</b>				
Há, no trecho avaliado, três ou mais áreas para descanso ou mirantes para contemplar a vista.					Há, no trecho avaliado, uma ou duas áreas para descanso ou mirantes para contemplar a vista.					Não há, no trecho avaliado, nenhuma área para descanso, nem mirantes para contemplar a vista.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 3 – Poços e/ou cachoeiras para banho</b>														
<b>BOA</b>					<b>REGULAR</b>					<b>RUIM</b>				
Há, no trecho avaliado, duas ou mais áreas para banho (cachoeiras e poços).					Há, no trecho avaliado, uma área para banho, como cachoeiras e poços.					Não há, no trecho avaliado, nenhuma área para banho.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 4 – Movimentos de massa e perda de borda crítica</b>														
<b>BOA</b>					<b>REGULAR</b>					<b>RUIM</b>				
Não há presença de cicatrizes de movimento de massa no talude superior ao leito da trilha, nem de perda de borda crítica no talude inferior.					Uma ou duas cicatrizes de movimento de massa no talude superior ao leito da trilha e/ou um ou dois pontos de perda de borda crítica no talude inferior.					Mais de duas cicatrizes de movimento de massa no talude superior ao leito da trilha e/ou mais de dois pontos de perda de borda crítica no talude inferior.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 5 – Declividade</b>														
<b>BOA</b>					<b>REGULAR</b>					<b>RUIM</b>				
Trecho apresenta pontos com declividade média entre 0% e 15%. Além					Trecho apresenta pontos com declividade média entre 15% e 25%. Além disso, há					Trecho apresenta pontos com declividade média superior a 25%. Além disso, há presença				

disso, não há declives ou aclives acentuados.					presença de declives ou aclives pouco acentuados.					de declives ou aclives acentuados.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 6 – Canais fluviais</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
Não há, no trecho avaliado, presença de canal “cruzando” o leito da trilha, isto é, drenando do talude superior para o inferior.					Há, no trecho avaliado, presença de um canal “cruzando” o leito da trilha, isto é, drenando do talude superior para o inferior.					Há, no trecho avaliado, presença de mais de um canal “cruzando” o leito da trilha, isto é, drenando do talude superior para o inferior.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 7 – Situação do Piso</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
Não há, no trecho avaliado, nenhum tipo de feição ou processo erosivo no leito da trilha. Pouco ou nenhum afundamento no leito.					Há presença de feições erosivas pouco desenvolvidas, no leito da trilha, como pequenos sulcos. Concentração mediana de buracos.					Presença de processos erosivos muito desenvolvidos (ravinas e/ou microrravinas) no leito da trilha. Elevada concentração de buracos.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 8 – Obstáculos naturais</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
No trecho, há presença de um ou nenhum ponto com obstáculos (raízes, blocos rochosos, árvores ou galhos caídos) no leito.					Presença de dois ou três pontos com obstáculos (raízes, blocos rochosos, árvores ou galhos caídos) no leito.					Presença de três ou mais pontos com obstáculos (raízes, blocos rochosos, árvores ou galhos caídos) no leito.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 9 – Estruturas de manejo</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
No trecho, há, quando necessário, presença de estruturas de manejo em todos os pontos críticos (de risco e perigo), como: barreiras evitando queda da encosta, pontes, corrimãos e degraus.					No trecho, há, presença de estruturas de manejo em quase todos os pontos críticos (de risco e perigo), como: barreiras evitando queda da encosta, pontes, corrimãos e degraus.					No trecho, não há ou são poucas ou inadequadas as estruturas de manejo nos pontos críticos (de risco e perigo), como: barreiras evitando queda da encosta, pontes, corrimãos e degraus.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 10 – Sinuosidade da trilha</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
Sinuosidade muito elevada no trecho analisado.					Presença de curvas sinuosas no trecho analisado.					Presença de poucas ou nenhuma curva no trecho analisado.				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 11 – Proteção das bordas pela vegetação</b>														
BOA					REGULAR					RUIM				
Mais de 80% do trecho apresenta vegetação em					De 50% a 80% do trecho apresenta vegetação em					Menos de 50% do trecho apresenta vegetação em bom				

	bom estado de conservação, tanto no talude superior (TS), quanto no talude inferior (TI) do leito. Não há sinais de degradação causada por atividades humanas. Vegetação capaz de “segurar” o solo, evitando processos erosivos.					bom estado de conservação, tanto no talude superior (TS), quanto no talude inferior (TI) do leito. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas. Concentração média de vegetação capaz de evitar processos erosivos.					estado de conservação, tanto no talude superior (TS), quanto no talude inferior (TI) do leito. Presença de descontinuidade da vegetação. Vegetação pouco eficiente para evitar processos erosivos.				
<b>TS</b>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>TI</b>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Parâmetro 12 – Impacto Humano</b>															
BOA					REGULAR					RUIM					
Não há, no trecho analisado, presença de impactos humanos, como captação de água, lixo, pichações, estruturas construídas e áreas depredadas.					Há, no trecho analisado, pouca presença de impactos humanos, como captação de água, lixo, pichações estruturas construídas e áreas depredadas.					Há, no trecho analisado, presença significativa de impactos humanos, como captação de água, lixo, pichações áreas depredadas e estruturas construídas.					
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fonte: Rangel (2016)

Logo, esse protocolo tem como objetivo caracterizar a trilha de forma qualitativa, através de uma pontuação por notas que descreve o estado em que o ambiente se encontra, considerando os aspectos apresentados no quadro 9.

Quadro 9. Descrição dos doze parâmetros analisados no PAR-TM.

<b>Parâmetros</b>	<b>Descrição</b>
1. Largura do leito da trilha	Tamanho do leito da trilha como proposto por Neiman (2002) para trânsito seguro dos usuários, tendo como limite inferior 0,6 metro e limite superior 1,5 metro.
2. Pontos para descanso ou áreas de avistamento	Presença de áreas abertas, isto é, onde o leito não é estreito, nas quais os usuários podem descansar ou contemplar a vista pela presença de mirantes.
3. Poços e/ou cachoeiras para banho	Presença de áreas para banho, recreação e aproveitamento do recurso hídrico.
4. Movimentos de massa e perda de borda crítica	Ocorrência de movimentação de material da encosta no talude superior para o leito da trilha e estreitamento do leito por processos erosivos no talude inferior.
5. Declividade	Variação da inclinação do leito da trilha.

6. Canais fluviais	Presença de canais fluviais cruzando o leito da trilha, podendo ocasionar fluxo de água para o leito da trilha, intensificando processos erosivos.
7. Situação do Piso	Ocorrência de feições ou processos erosivos, raízes, blocos expostos e afundamentos (buracos) no leito da trilha.
8. Obstáculos naturais	Obstáculos como árvores caídas, caules e raízes grandes dificultando a passagem de usuários.
9. Estruturas de manejo	Presença de estruturas como, barreiras para evitar queda da encosta, ponte, corrimão, degraus, guarda-corpo, bolsões para escoamento de água, entre outras estruturas que facilitem a locomoção dos usuários.
10. Sinuosidade da trilha	Intensidade e quantidade de curvas presentes no trecho. Quanto maior a sinuosidade, menor a declividade e, portanto, menor a chance de ocorrência de processos erosivos.
11. Proteção das bordas pela vegetação	Presença de vegetação nas bordas da trilha capaz de “segurar” o solo, evitando processos erosivos.
12. Impacto Humano	Presença de intervenções humanas visuais e degradantes como captação de água, lixo, pichações e áreas depredadas, tráfego de animais, construções e estruturas abandonadas.

Fonte: Rangel (2016).

Percebe-se a dualidade entre alguns parâmetros, dependendo do objetivo da avaliação da trilha, isto é, com enfoque na análise da qualidade ambiental (conservação de ecossistemas), ou com enfoque na experiência do usuário (que pode julgar mais importantes aspectos turísticos como áreas para banho e mirantes). Parâmetros como sinuosidade da trilha e presença de canais fluviais podem ter avaliações diferentes, e, portanto, notas de PAR-TM diferentes. Logo, optou-se, por balancear aspectos da qualidade ambiental e da experiência do usuário, pois entende-se que a trilha é criada pelo homem com finalidade de uso, que deve ser realizado concomitantemente à conservação do ambiente natural. Assim, é necessário, no momento de avaliação, considerar aspectos positivos tanto para a qualidade ambiental, quanto para o turista.

Um parâmetro que foi considerado, mas não foi relevante neste estudo, devido ao número reduzido de vezes de monitoramento, foi “travessia de animais perigosos” relacionado com a travessia de animais (excluindo aves e insetos) perigosos, onde a

classificação considerada “boa” ocorre quando não há passagem de animais peçonhentos ou perigosos, a classificação “regular” ocorre quando há passagem regular de animais perigosos ou peçonhentos e a classificação “ruim” se relaciona à passagem constante desses animais. Essa qualificação foi atribuída pensando no risco que o turista pode correr ao se deparar com um animal perigoso (por exemplo, ser mordido ou picado e se assustar e sofrer algum acidente).

O PAR-TM foi aplicado de forma contínua em todos os trabalhos de campo realizados, quando se percebia mudança significativa no ambiente da trilha, isto é, quando era constatada, por observação *in situ*, alteração em um ou mais parâmetros analisados (mudança na vegetação, presença de processo erosivo significativo, interferência humana, entre outros aspectos inerentes ao próprio PAR-TM), sendo fotografados e mapeados sete diferentes trechos.

Rangel (2016), Rangel e Botelho (2017) atribuíram notas de acordo com a qualidade do parâmetro observado, sendo boa (de 11 a 15), regular (de 6 a 10) e ruim (de 1 a 5). Rodrigues (2008), Carreño (2012) e Duarte (2013) utilizam também, o parâmetro ótimo (de 16 a 20), porém, seguindo as proposições de Rangel (2016) optou-se por retirá-lo da adaptação para trilhas, pois, a trilha é um elemento antrópico e que sofre constantemente interferência. Portanto, não seria adequado compará-la a um rio, elemento natural analisado pelos três autores que pode estar em condições ótimas e que o estado natural, isto é, o referencial antes da interferência antrópica é ótimo.

## 4.2 Análise do potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D’Aço

Pensando no aprofundamento dos conhecimentos relativos ao geoturismo e na proposta de planejamento e aplicação dessa atividade a partir da interpretação das trilhas, são sugeridas, de acordo com Moreira (2008), ações para o planejamento de atividades geoturísticas e para utilização do patrimônio geomorfológico em Unidades de Conservação. As recomendações para o desenvolvimento do geoturismo, adaptadas de Moreira (2008), foram divididas em três etapas, descritas no quadro 10.



Quadro 10. Recomendações para o desenvolvimento do geoturismo em áreas potenciais.

<b>Etapas</b>	<b>Procedimentos</b>
<b>Inventário dos pontos de interesse</b>	<p><b>Obter informações turísticas detalhadas para subsidiar o planejamento</b></p> <p>Informações sobre número de visitantes na vila de Trindade e na piscina natural Caixa D’Aço; e formas de acesso à piscina natural.</p>
<b>Definições de objetivos e metas</b>	<p><b>Estabelecer diretrizes para a organização do geoturismo</b></p> <p>Identificar as estratégias dos gestores do PNSB para ordenamento de atividades e estímulo à geoconservação.</p>
<b>Desenvolvimento, gerenciamento, avaliação e monitoramento de ações</b>	<p><b>Avaliação e monitoramento devem ser constantes</b></p> <p>Monitoramento da microtopografia do solo nas trilhas; análise das ações realizadas para conservação da Piscina Natural Caixa D’Aço e das alterações no uso do solo no PNSB; avaliação da relação da comunidade local com os gestores do Parque.</p>

Os inventários são importantes para obter informações turísticas detalhadas, subsidiar o planejamento através da padronização na forma da coleta de dados auxiliando na definição dos pontos, que também poderão ser utilizados nos roteiros de interpretação ambiental (Mondejar; Remo, 2004; Moreira, 2008).

Seguindo o que foi proposto por Jorge (2017), o inventário iniciou-se a partir da avaliação das trilhas, também foram analisadas as condições ambientais e de degradação, tendo como parâmetro a qualidade do solo e impactos visuais. Além disso, analisou-se o potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D’Aço, principal atrativo da vila de Trindade. O levantamento realizado em campo foi a partir de um inventário de reconhecimento da piscina natural, onde foi realizada a descrição do sítio de geodiversidade, foram determinadas as coordenadas com GPS e tiradas fotografias.

De acordo com Moreira (2008), as etapas para o desenvolvimento do geoturismo devem ser realizadas em parceria entre setores públicos e privados, onde o setor público deve elaborar leis de proteção ao patrimônio geológico-geomorfológico, garantir a

infraestrutura básica e a fiscalização. Já o setor privado deve auxiliar na captação dos recursos humanos, na infraestrutura turística e na qualidade no atendimento. Logo,

Ambos os setores cabem a educação, preservação da identidade, conservação dos atrativos, marketing, divulgação e investimentos. Deste modo, esta tese ao propor essas recomendações tem como pretensão auxiliar no planejamento de um desenvolvimento harmônico e sustentável da atividade turística, de acordo com as políticas de preservação do meio ambiente natural e cultural, a qualidade na prestação de serviços, e a consciência da importância da qualificação da mão de obra em todos os níveis. (MOREIRA, 2008, p. 342).

Logo, a análise do potencial geoturístico será feita a partir do levantamento de medidas de infraestrutura (presença de degraus, guarda corpo, corrimão, lixeiras, placas de sinalização, entre outros) e de cunho interpretativo (placas interpretativas, folders e guias de campo), observadas ao longo das trilhas e na área de Piscina Natural. Através da correlação desse levantamento e das proposições de Moreira (2008), sobre o desenvolvimento do geoturismo será possível inferir sobre os pontos fortes e fracos da atividade.

Aliada à essa metodologia proposta por Moreira (2008) serão qualificados os valores da geodiversidade a partir da metodologia proposta por Gray (2004) e Santos (2012). Os autores destacam os seguintes aspectos: valor intrínseco, valor cultural, valor estético, valor econômico, valor funcional e valor científico/educativo.

O valor intrínseco é o mais subjetivo e difícil de ser quantificado, uma vez que trata de uma relação de interdependência entre os moradores de uma área e a sua geodiversidade (BRILHA, 2005). Já o valor cultural é o valor atribuído pela sociedade a alguma parte do ambiente físico devido ao seu significado social ou comunitário (GRAY, 2004, 2005, 2008). Para o Gray (2004) o valor estético da geodiversidade refere-se ao apelo visual (e aos de outros sentidos) providos pelo ambiente físico. Já o valor econômico possui alguns questionamentos, pois está atrelado ao valor financeiro da geodiversidade - muitos elementos geológicos e geomorfológicos têm mais do que um valor econômico teórico - rochas, minerais, sedimentos, solo e até fósseis têm valor econômico, embora isso varie de acordo com a natureza do material envolvido (GRAY, 2004).

Ainda segundo Gray (2004), o valor funcional raramente é discutido na conservação da natureza, mas solos, sedimentos, relevos e rochas têm um papel funcional essencial em sistemas ambientais, tanto físicos como biológicos. Por fim, o autor destaca

a importância do valor científico e didático da geodiversidade, pois só através das descobertas em campo e da ciência é possível atribuir o valor adequado ao geopatrimônio e ensinar a sua importância para a manutenção do sistema ambiental.

Como uma atualização da metodologia proposta em 2004, Gray (2013) propõe a valoração da geodiversidade a partir da perspectiva de serviços ecossistêmicos (Quadro 11).

Quadro 11. Valoração da geodiversidade.

Serviços Ecossistêmicos	Atributos avaliados	Valoração da importância do sítio de geodiversidade para os atributos
Serviços de regulação	Processos oceânicos e atmosféricos; processos terrestres; controle de inundações; quantidade e qualidade da água.	A – Alto M – Médio B – Baixo I - Inexistente
Serviços de suporte	Processos do solo; provisão de habitats; a terra como uma plataforma; armazenamento.	A – Alto M – Médio B – Baixo I - Inexistente
Serviços de provisionamento	Comida e bebida; nutrientes e minerais para crescimento saudável; combustíveis; materiais para construção; minerais industriais; produtos ornamentais; fósseis.	A – Alto M – Médio B – Baixo I - Inexistente
Serviços culturais	Qualidade ambiental; geoturismo e lazer; significado cultural, espiritual e histórico; inspiração artística; desenvolvimento social.	A – Alto M – Médio B – Baixo I - Inexistente
Serviços de conhecimento	História da terra; conhecimento dos processos físicos; história da pesquisa; monitoramento ambiental; educação e empregos.	A – Alto M – Médio B – Baixo I - Inexistente

Optou-se, portanto, por utilizar as duas metodologias de Gray (2004, 2013), pois, entende-se que as duas propostas de valoração devem ser utilizadas de forma complementar.

A valoração da geodiversidade foi realizada a partir de observações *in situ* e de relatos da comunidade local obtidos em pesquisas prévias realizadas por diversos autores (PREIRA, 2001; OLIVEIRA, 2005; CONTI; ANTUNES, 2012; CONTI; IRVING, 2014; SANTOS, 2016). Sendo assim, foram atribuídos os valores: alto, médio, baixo e inexistente, de acordo com a importância do sítio de geodiversidade para a manutenção dos atributos dos serviços ecossistêmicos.

Logo, a partir dessas metodologias será possível identificar a importância relativa do patrimônio geológico e geomorfológico a ser conservado e as potencialidades geoturísticas da Piscina Natural.

## CAPÍTULO 5 AVALIANDO AS TRILHAS

As trilhas para a Piscina Natural Caixa D'Aço, estão localizadas no litoral sul do PNSB; se iniciam na praia do Meio, tendo aproximadamente 190 metros de extensão (trilha Praia do Meio à Praia Caixa D'Aço - PMC); depois é preciso caminhar pela praia Caixa D'Aço, por aproximadamente 750 metros; e percorrer uma outra trilha de aproximadamente 465 metros (trilha Praia Caixa D'Aço à Piscina Natural Caixa D'Aço - PNC), no final da praia, próxima a diversos blocos rochosos. Existe a opção de ir até a piscina utilizando barcos que saem da praia do Meio.

São trilhas relativamente pequenas, com menos de 0,5 km cada, porém, apresentam muitas raízes, blocos rochosos, inversões de declividade, pontos de alagamento e obstáculos durante seu percurso. A seguir serão apresentados os principais impactos observados nas trilhas.

### 5.1 Propriedades físicas e químicas dos solos

A seguir serão apresentados os principais resultados referentes às propriedades físicas e químicas dos solos nas duas trilhas analisadas. Para facilitar a correlação dos resultados, primeiramente, será realizada uma análise sintética dos resultados nas duas profundidades (Tabelas 1 e 2), e posteriormente, os resultados serão melhor detalhados.

De acordo com as proposições de Reichert *et al.*, (2013), PNC 3 apresentou densidade do solo crítica, se compararmos os valores de densidade (1,4 e 1,53 g/cm<sup>3</sup> nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente) com a classe textural franco-argilosa encontrada. Além disso, o referido ponto apresentou teores de silte + areia fina superiores à 45%, indicando maior presença de partículas finas com maior propensão à erosão (MORGAN, 2005; GUERRA, 2010).

Já PNC 5, apresentou textura franca, na profundidade de 0-10cm, e franco-arenosa, na profundidade de 10-20 cm. Essas duas classes texturais favorecem a erosão e podem estar influenciando no Índice de Estabilidade de Agregados mais baixo (88,34% e 90,36% nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente).

Com relação à matéria orgânica e pH do solo, de forma geral, todos os pontos apresentaram valores aceitáveis. Porém, PNC 5 apresentou teor de matéria orgânica inferior à 3,5%, indicando maior instabilidade na formação de agregados e maior

propensão à erosão (FULLEN; CATT, 2004). Além disso, foram encontrados valores de  $\text{pH} < 5,5$  indicando solos ácidos.

Tabela 1. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 0-10 cm.

Pontos de coleta	Classe Textural	Arranjo dos poros		Granulometria				Agregados		Propriedades Químicas	
		Porosidade total (%)	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Argila (%)	Silte (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Índice de Estabilidade de Agregados (%)	Macroagregados (%)	pH	Matéria Orgânica (%)
PMC 1	Franco argilo arenosa	43,29	1,39	28,82	14,48	13,22	43,48	90,27	90,28	6,87	5,8
PMC 2	Franco argilo arenosa	40,66	1,44	28,89	17,91	12,15	41,06	91,19	91,2	5,39	5,02
PNC 3	Franco argilosa	43,20	1,40	26,73	34,02	11,05	28,2	90,27	93,72	5,6	4,55
PNC 4	Franco argilo arenosa	44,13	1,38	24,76	18,14	10,45	46,65	97,73	97,72	6,35	6,33
PNC 5	Franca	39,42	1,46	17,72	30,12	10,76	41,4	88,34	93,67	4,24	3,43
Média		42,14	1,41	25,38	22,93	11,53	40,16	91,56	93,32	5,91	5,03
Desvio padrão		1,79	0,03	4,12	7,67	1,02	6,30	3,22	2,58	0,51	1,01
Coeficiente de variação (%)		4,25	2,29	16,25	33,45	8,87	15,69	3,52	2,77	8,62	20,04

Tabela 2. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 10-20 cm.

Pontos de coleta	Profundidade	Arranjo dos poros		Granulometria				Agregados		Propriedades Químicas	
		Porosidade total (%)	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Argila (%)	Silte (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Índice de Estabilidade de Agregados (%)	Macroagregados (%)	pH	Matéria Orgânica (%)
PMC 1	Franco argilo arenosa	38,78	1,50	28,37	21,51	6,89	43,23	91,27	91,08	6,54	6,01
PMC 2	Franco argilo arenosa	36,96	1,56	28,82	7,11	5,74	58,33	91,99	89,12	5,86	5,17
PNC 3	Franca	37,67	1,53	17,71	42,6	10,5	29,18	92,04	95,46	5,83	4,97
PNC 4	Franca	37,04	1,53	17,72	30,12	10,76	41,4	98,15	94,37	6,01	7,07
PNC 5	Franco arenosa	36,52	1,59	17,74	24,13	9,74	48,39	90,76	91,84	4,03	3,48
Média		37,39	1,54	22,07	25,09	8,73	44,11	92,84	92,37	6,08	5,34
Desvio padrão		0,78	0,03	5,33	11,57	2,03	9,50	2,70	2,28	0,24	1,19
Coeficiente de variação (%)		2,09	2,06	24,14	46,09	23,26	21,55	2,90	2,47	3,89	22,26



### **5.1.1 Avaliação da textura do solo**

Para verificar as propriedades do solo foram realizadas algumas análises físicas e químicas. A partir disso, é possível determinar 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 de textura estão apresentados em duas tabelas, uma referente à trilha PMC (Tabela 3) e outra referente à trilha PNC (Tabela 4).

Tabela 3. Resultados das análises granulométricas em porcentagem e classificação textural da borda da trilha PMC.

<b>GRANULOMETRIA DA BORDA DA TRILHA PRAIA DO MEIO – PRAIA CAIXA D’AÇO</b>							
	<b>Areia (%)</b>			<b>Silte (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Silte + Areia Fina (%)</b>	<b>Classe Textural</b>
	<b>Grossa</b>	<b>Fina</b>	<b>Total</b>				
<b><u>0 - 10 cm</u></b>							
Ponto 1	43,48	13,22	56,7	14,48	28,82	27,7	Fanco Argilo Arenosa
Ponto 2	41,06	12,15	53,2	17,91	28,89	30,06	Fanco Argilo Arenosa
<b><u>10 - 20 cm</u></b>							
Ponto 1	43,23	6,89	50,12	21,51	28,37	28,4	Fanco Argilo Arenosa
Ponto 2	58,33	5,74	64,07	7,11	28,82	12,85	Fanco Argilo Arenosa

Tabela 4. Resultados das análises granulométricas em porcentagem e classificação textural da borda da trilha PNC.

<b>GRANULOMETRIA DA BORDA DA TRILHA PRAIA CAIXA D’AÇO – PISCINA NATURAL CAIXA D’AÇO</b>							
	<b>Areia (%)</b>			<b>Silte (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Silte + Areia Fina (%)</b>	<b>Classe Textural</b>
	<b>Grossa</b>	<b>Fina</b>	<b>Total</b>				
<b><u>0 - 10 cm</u></b>							
Ponto 3	28,2	11,05	39,25	34,02	26,73	45,07	Fanco argilosa
Ponto 4	46,65	10,45	57,1	18,14	24,76	28,59	Fanco argilo arenosa
Ponto 5	41,4	10,76	52,16	30,12	17,72	40,88	Franca
<b><u>10 - 20 cm</u></b>							
Ponto 3	29,18	10,5	39,69	42,6	17,71	53,11	Franca
Ponto 4	41,40	10,76	52,16	30,12	17,72	40,88	Franca
Ponto 5	48,39	9,74	58,13	24,13	17,74	33,87	Fanco arenosa

Com relação à granulometria, observa-se que na trilha PMC o teor de argila não sofre grandes alterações. Já em PNC 3 e PNC 4 a concentração de argila diminui com a profundidade. Já os teores de silte e areia não seguiram um padrão de acumulação nas profundidades analisadas. Com relação a textura do solo a trilha PMC mostrou-se mais homogênea, pois apresentou textura franco-argilo-arenosa em todos os pontos, já na trilha PNC além dessa textura (pontos 4 e 5 na profundidade de 0-10 cm), as texturas franca (pontos 3 e 4 na profundidade de 10-20cm), franco-argilosa (ponto 3 na profundidade de 0-10 cm) franco-arenosa (ponto 5 na profundidade de 10-20 cm) também foram encontradas.

Em PMC 1 foram encontrados os maiores teores de areia fina na profundidade de 0-10 cm (13,22%). Apesar de não apresentar teor de silte + areia fina elevado (27,7% na profundidade de 0-10 cm e 28,4% na profundidade de 10-20 cm), foi observada uma ravina com profundidade de aproximadamente 15 cm de profundidade, com exposição do horizonte C no leito da trilha (Figura 19).



Figura 19. Primeiro ponto de coleta na trilha PMC, com ravina no leito da trilha e exposição de horizonte C.

Morgan (2005) e Guerra (2010) destacam que as frações silte e areia fina, são de maior propensão à erosão, pois são partículas finas e sem o manejo adequado, são facilmente levadas pela água, aumentando o risco de processos erosivos. Seguindo o que

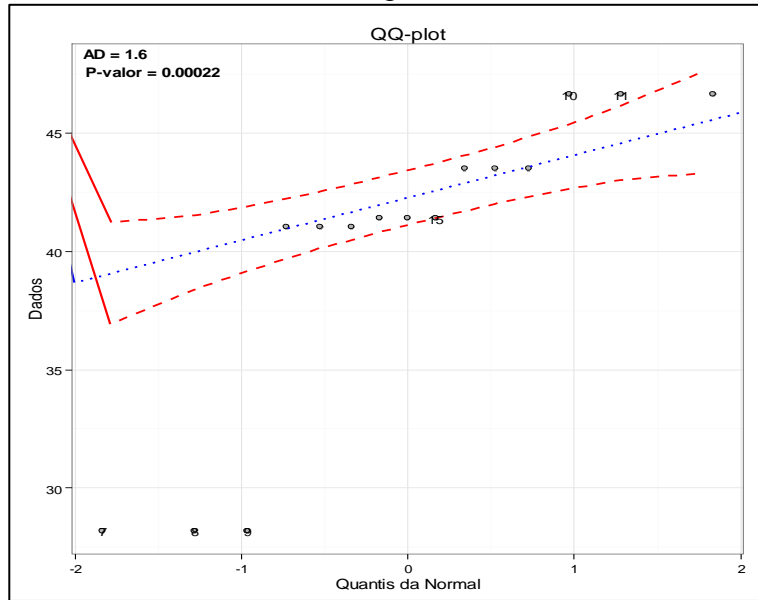
foi proposto por Loureiro (2013) e Rangel (2014), foi elaborada uma coluna nas tabelas 4 e 5 com o somatório dos teores de areia fina e silte. Neste sentido, o ponto 3, de textura franco-argilosa (na profundidade de 0-10cm) e de textura franca (na profundidade de 10-20 cm), apresentou maior concentração de silte + areia fina nas duas profundidades (45,07% e 53,11%, respectivamente), ou seja, mais de 45% das partículas do solo são de textura fina, o que pode caracterizar solo mais propenso à erosão.

No leito da trilha não há presença de vegetação – em alguns pontos há acúmulo de serapilheira, mas grande parte desse material é transportado pelo fluxo de água da chuva. Neste sentido, no leito, 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. Além disso, a presença de sedimentos finos, associada à ausência de cobertura vegetal – como ocorre no Ponto 3 - pode favorecer a formação de crosta no topo do solo.

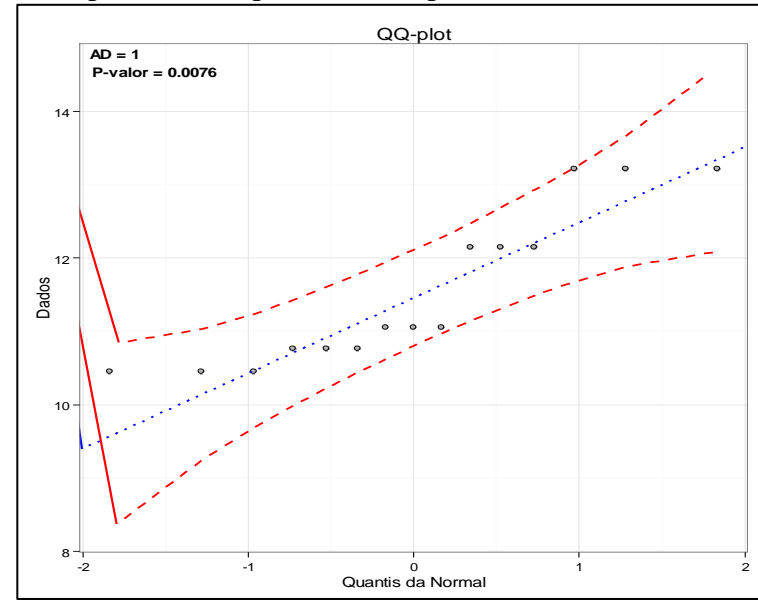
Para a análise estatística das frações granulométricas, foi realizado o teste de probabilidade e normalidade para cada classe textural. Todas as frações granulométricas analisadas (areia grossa, areia fina, argila e silte) apresentaram distribuição não normal. Nos gráficos 1 a 4 é possível comparar as formas de distribuições dos dados obtidos, ficando evidente que na análise dos quantis da normal todas as classes apresentaram p-valor  $< 0,05$ , ou seja, a diferença estatística entre os resultados obtidos em cada classe textural é elevada, não havendo normalidade entre elas.

Essas análises demonstram que apesar de alguns pontos apresentarem classes texturais semelhantes - como P1 e P2 nas duas profundidades (ver tabela 1), P3 e P4 na profundidade de 10-20 cm e P4 e P5 na profundidade de 0-10 cm (ver tabela 2) – as frações granulométricas encontradas em cada ponto não possuem distribuição semelhante. Esse resultado era esperado, visto que, a distribuição granulométrica é muito variável devido à atuação de agentes internos (micro fauna - bioturbação, ação de raízes, quantidade de poros, características do próprio perfil, entre outros) e externos ao solo (macro fauna, decomposição de serapilheira, erosividade da chuva, entre outros). Portanto, em profundidades diferentes de um mesmo ponto é possível encontrar concentrações diferentes das frações de silte, argila e areia. Isso pode estar relacionado à pluviosidade extrema da área, que causa processos de lixiviação, por exemplo.

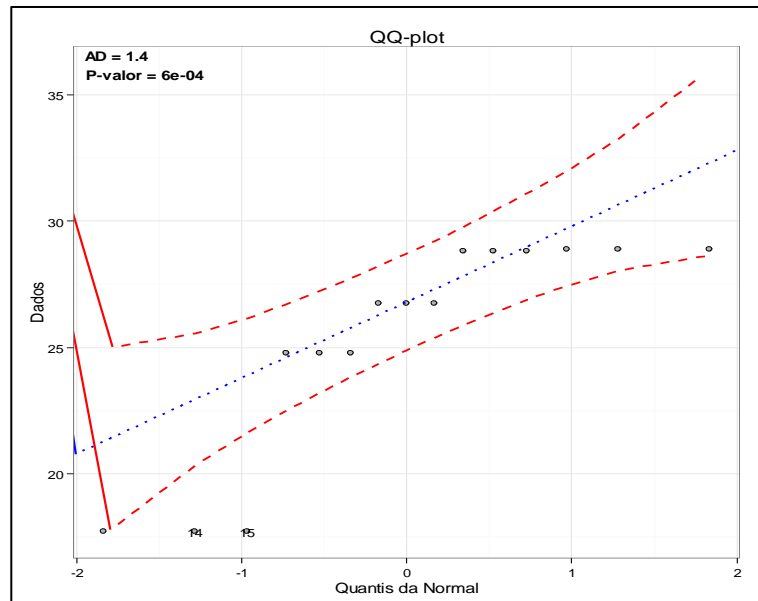
Gráficos 1 a 4. Análise da normalidade das classes texturais encontradas nos pontos de coleta em PMC e PNC. (5) refere-se à areia grossa; (6) refere-se à areia fina; (7) refere-se à argila; (8) refere-se ao silte. Todas as análises apresentaram p-valor < 0,05 para os testes de normalidade.



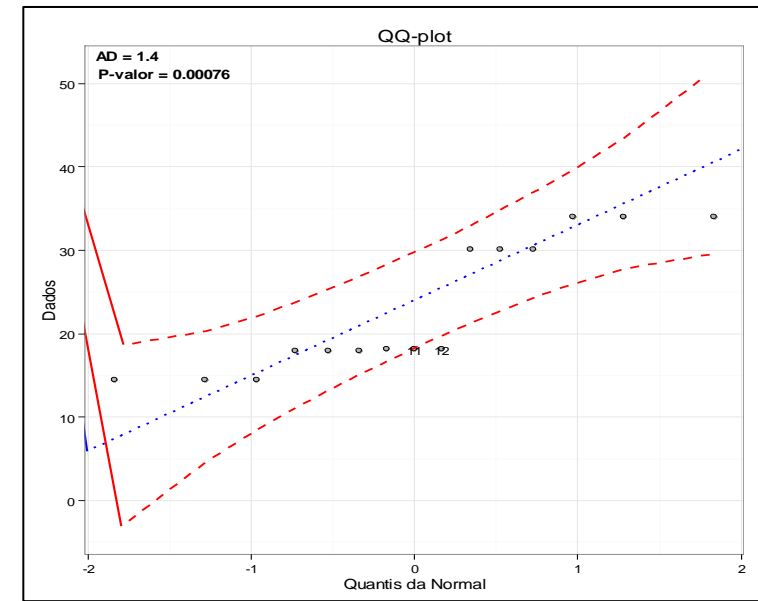
5



6



7



8

### **5.1.2 Avaliação da compactação dos solos**

Conforme foi dito anteriormente, o pisoteio nas trilhas compacta o solo e altera sua porosidade, elevando sua resistência mecânica à penetração de raízes e à infiltração de água. Foram utilizados dois métodos para análise da compactação dos solos: a análise da densidade aparente e da capacidade de penetração. A seguir são apresentados os resultados encontrados para cada um dos métodos.

#### **5.1.2.1 Análise da densidade de partículas**

A avaliação da tabela 5 demonstra uma tendência de valores de densidade de partículas mais elevados na profundidade de 10-20 cm. Esses valores elevados de densidade de partículas indicam maior compactação do solo nesses pontos, evidenciando que é necessário realizar monitoramento das condições da trilha no futuro, para observar se haverá aumento da compactação e diminuição da porosidade.

Tabela 5. Comparação dos valores de densidade de partículas nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

<b>DENSIDADE DE PARTÍCULAS NAS TRILHAS PMC E PNC (g/cm<sup>3</sup>)</b>						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média
<b>0 – 10 cm</b>	2,45 BC	2,43 CD	2,45 AB	2,42 A	2,43 D	2,44
<b>10 -20 cm</b>	2,45 A	2,48 B	2,46 C	2,44 D	2,51 E	2,47

Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC. Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados na mesmas profundidade e linhas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de *Kruskal-Wallis* ( $p < 0,05$ ).

Os valores elevados – principalmente nos pontos 2 e 5 - estão associados a solos minerais, sendo possível relacionar esses valores às perdas de matéria orgânica no leito como consequência do pisoteio humano e da erosão. A partir da análise estatística fica evidente que, na profundidade de 0-10 cm, os pontos 4 e 5 não possuem semelhança; os pontos 2 e 3 também são diferentes estatisticamente. Já na profundidade de 10-20 cm, todos os resultados apresentaram diferença significativa.

Passos et al. (2015) ao estudarem um Cambissolo Háptico em Minas Gerais, identificaram os solos apresentam os mesmos constituintes minerais nos primeiros centímetros do solo e os valores médios encontrados foram entre 2,50 e 2,71 g/cm<sup>3</sup>, que

se relacionam à densidade média de partículas de quartzo, feldspatos e silicatos de alumínio (de 2,63 g/cm<sup>3</sup>).

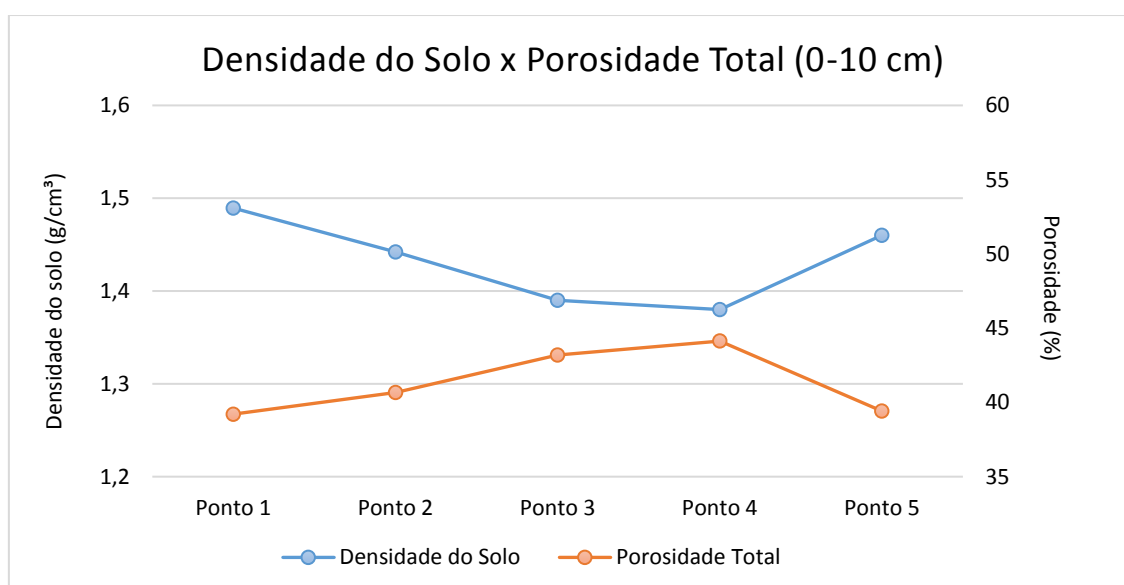
Visto que, as classes texturais no solo das trilhas variam do franca (PNC 4 na profundidade de 10-20cm e PNC 5 nas duas profundidades) a franco argilosa (PNC 3 na profundidade de 0-10cm) (ver tabelas 1 e 2 – páginas 92 e 93), eram esperados valores de densidade de partículas entre 2,5 e 2,65 de acordo com as proposições de Kiehl (1979).

É válido ressaltar que, assim como a análise textural, a porosidade, a densidade do solo e a densidade de partículas apresentam variações tanto de um ponto para outro, quanto, nas diferentes profundidades de um mesmo ponto. Logo, esse resultado de diferença significativa entre os pontos analisados já era esperado, visto que, com a mudança de ambiente em cada ponto, ocorrem mudanças nos atributos dos solos avaliados.

### 5.1.2.2 Análise da densidade do solo e da porosidade

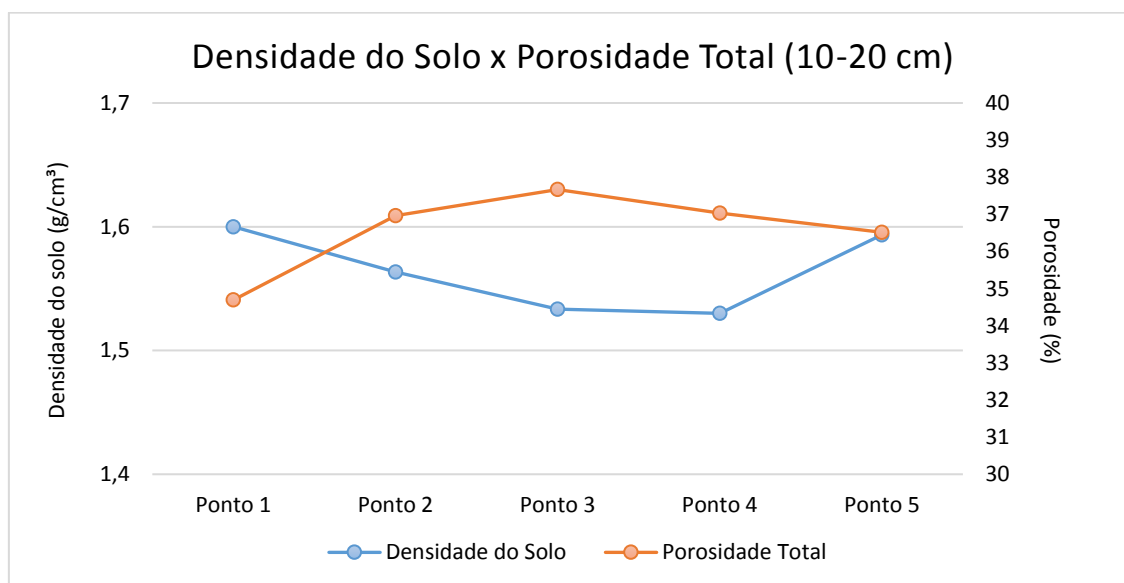
Analisando a densidade e a porosidade do solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20cm, verifica-se, como destacado por diversos autores (BRADY, 1989; KIEHL, 1979; EMBRAPA, 2011; MORGAN, 2005; GUERRA, 2010), a relação inversamente proporcional entre a densidade e porosidade do solo. Os valores de densidade e porosidade estão expressos nos gráficos abaixo (Gráficos 5 e 6).

Gráfico 5. Valores de densidade do solo e porosidade total no leito das trilhas PMC e PNC, na profundidade de 0-10cm, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).



Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Gráfico 6. Valores de densidade do solo e porosidade total no leito das trilhas PMC e PNC, na profundidade de 10-20cm, onde o eixo da esquerda é referente à densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) e o eixo da direita é referente à porosidade total do solo (%).



Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Constata-se que os valores de densidade encontrados na profundidade de 0-10 cm variam de  $1,38 \text{ g}/\text{cm}^3$  (ponto 4) a  $1,49 \text{ g}/\text{cm}^3$  (ponto 1). Já, na profundidade de 10-20 cm os valores variaram de  $1,53 \text{ g}/\text{cm}^3$  (ponto 4) a  $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$  (ponto 1). De acordo com Fullen e Catt (2004) os valores de densidade encontrados na profundidade de 10-20 cm podem ser considerados acima da média. Ademais, seguindo as proposições dos autores (2004) os pontos 1 e 5 possuem densidade bastante elevada, tendo assim, porosidade baixa, implicando na diminuição da aeração e da percolação de água no solo, indicando sobreuso do ponto em questão.

Kiehl (1979) definiu que os valores de densidade mais baixos, para solos de florestas, seriam entre 0,6 e  $0,8 \text{ g}/\text{cm}^3$ , devido à ocorrência de raízes e maior teor de matéria orgânica. Já solos minerais entre  $1,1$  e  $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$  se predominarem as frações minerais e o manejo inadequado. Morgan (2005) afirma que o valor limite entre baixa e alta densidade do solo é de  $1,50 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Considerando as classes texturais e as proposições de diversos autores (ISRAELSEN; HANSEN, 1965; ARSHAD *et al.*, 1996; SECCO *et al.*, 2005; SPERA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006; MARCOLAN; ANGHINONI, 2006), solos argilosos tendem a apresentar densidade limite entre 1 a  $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$ ; solos argilo-arenosos tendem a apresentar densidade limite entre 1,2 e  $1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ ; solos franco-argilo-

arenosos tendem a apresentar densidade limite entre 1,3 e 1,5 g/cm<sup>3</sup>; e solos arenosos tendem a apresentar densidade limite entre 1,5 e 1,7 g/cm<sup>3</sup>.

Neste sentido, o ponto 2 na profundidade de 10-20 e apresenta densidade do solo acima do limite, visto que, a classe textural é franco-argilo-arenosa e o valor de densidade encontrado é de 1,56 g/cm<sup>3</sup>. Esse ponto apresentou teores de argila superiores a 28% (tabelas 1 e 2 – páginas 92 e 93) nas duas profundidades, sendo visível a evolução de ravinas no leito da trilha e foi onde ocorreu um movimento de massa no talude superior da trilha entre janeiro e fevereiro de 2017, com intensa mudança no ambiente (Figura 20).



Figura 20. Deslizamento no talude superior do ponto 2, na trilha PMC. Foto: L. A. Rangel (2017)

Jorge (2017) também encontrou valores elevados de densidade (1,43 g/cm<sup>3</sup> e 1,5 g/cm<sup>3</sup>) ao analisar as trilhas Sete Praias e do Quilombo no sul de Ubatuba (SP). Neste sentido, fica evidente que o aumento da compactação devido ao pisoteio do solo pelos visitantes é um problema comum em trilhas.

A densidade do solo não apresentou distribuição normal, logo, foi realizado o teste *Kruskal-Wallis*. Na tabela 6 estão explicitados os resultados da análise estatística para a densidade do solo nas duas profundidades de todos os pontos analisados.



Tabela 6. Comparação dos valores de densidade do solo nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

<b>DENSIDADE DO SOLO NAS TRILHAS PMC E PNC (g/cm<sup>3</sup>)</b>						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média
<b>0 – 10 cm</b>	1,49 AB	1,44 AB	1,39 B	1,38 B	1,46 A	1,41
<b>10 -20 cm</b>	1,60 A	1,56 A	1,53 A	1,53 A	1,59 A	1,54

Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC. Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados na mesmas profundidade e linhas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de *Kruskal-Wallis* ( $p < 0,05$ ).

A análise da tabela 6 evidencia uma tendência de valores de densidade mais elevados na profundidade de 10-20 cm. A partir da análise estatística fica evidente que, na profundidade de 0-10 cm, o ponto 5 não possui semelhança com os pontos 3 e 4. Já na profundidade de 10-20 cm, não foi constatada diferença significativa entre os pontos.

Com relação à porosidade, Grohmann (1975) destaca que porosidade total, geralmente, varia entre 40% e 50%, mas pode chegar a valores extremos inferiores a 35% e superiores a 65%. Lima (2008) e Rangel e Guerra (2014) assumiram 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. Considerando os valores de porosidade total no solo nos pontos coletados, todos os pontos se caracterizam como de média suscetibilidade à erosão. Na profundidade de 0-10 cm a porosidade variou entre 40,7% no ponto 2 e 44,1% no ponto 4; já em 10-20 cm variou entre 38,8% no ponto 1 e 36,5% no ponto 5.

A densidade do solo crítica é dependente principalmente de sua classe textural. Argenton *et al.* (2005) constataram que, em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo de aproximadamente 1,30 g/cm<sup>3</sup>. Já Reichert *et al.* (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 g/cm<sup>3</sup> para solos argilosos, 1,40 a 1,50 g/cm<sup>3</sup> para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 g/cm<sup>3</sup> para os franco-arenosos. Fullen e Catt (2004) consideram valores de densidade do solo média, com intervalo de 1,0 a 1,4 g/cm<sup>3</sup>.

Neste sentido, seguindo os limites propostos por Reichert *et al.* (2013), e correlacionando os valores de densidade com as classes texturais, fica evidente que o leito da trilha está sofrendo com o pisoteio, uma vez que a relação da massa com o volume que

o solo ocupa em um determinado espaço se encontra próximo ao limite de um solo denso, principalmente no ponto 5. Ademais, o ponto 3 possui densidade do solo crítica, por apresentar textura franco-argilosa e densidades de 1,4 e 1,53 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

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 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.

A porosidade não apresentou distribuição normal, logo, foi realizado o teste *Kruskal-Wallis*. Na tabela 7 estão explicitados os resultados da análise estatística para a porosidade do solo nas duas profundidades de todos os pontos analisados.

Tabela 7. Comparação dos valores de porosidade do solo nas trilhas PMC e PNC nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

<b>POROSIDADE DO SOLO NAS TRILHAS PMC E PNC (%)</b>						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média
<b>0 – 10 cm</b>	40,19 A	40,66 B	43,20 A	44,13 A	39,42 B	42,14
<b>10 -20 cm</b>	36,78 A	36,96 B	37,67 AB	37,04 AB	36,52 B	37,39

Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC. Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados na mesmas profundidade e linhas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de *Kruskal-Wallis* ( $p < 0,05$ ).

A análise da tabela 7 evidencia uma tendência de valores de porosidade mais elevados na profundidade de 0-10 cm. A partir da análise estatística fica evidente que, na profundidade de 0-10 cm, os pontos 2 e 5 não possuem semelhança com os demais pontos. Já na profundidade de 10-20 cm, o ponto 1 difere significativamente dos pontos 2 e 5, enquanto os pontos 3 e 4 possuem semelhanças com os demais pontos.

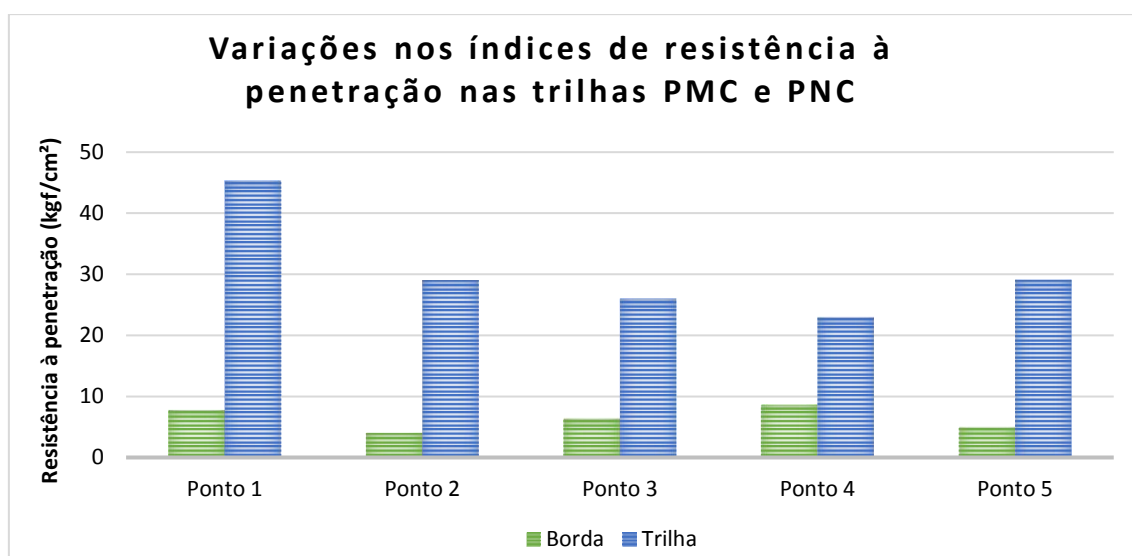
Fica evidente que o pisoteio e a ausência de vegetação no leito da trilha estão conferindo elevados valores de densidade em alguns pontos analisados. Logo, baixos valores de porosidade e elevados valores de densidade do solo contribuem para menor infiltração de água da chuva, aumentando o escoamento superficial, acelerando a formação de ravinas e de erosão laminar, removendo os minerais do topo do solo, evidenciando, assim, maior compactação.

A média da densidade de partículas das amostras na profundidade de 0-10 cm foi de 2,44 g/cm<sup>3</sup>, já a média em 10-20 cm foi de 2,47 g/cm<sup>3</sup>. Estas médias coincidem com os valores encontrados por Monsueto *et al.* (2010) em seis amostras no alto curso da Bacia do Paquequer. O valor 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/cm<sup>3</sup>.

### 5.1.2.3 Análise da capacidade de penetração

O principal impacto nos solos em trilhas resulta do pisoteio que aumenta a densidade e resistência à penetração do cone do penetrômetro no solo, provocando mudanças na estrutura do solo e na sua estabilidade, promovendo redução nas taxas de infiltração, aumento do escoamento hídrico superficial e aumento da erosão. Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio e seu resultado direto, a compactação, podem levar a mudanças na biologia e na química do solo. No gráfico 7 é possível observar os valores medidos através do penetrômetro.

Gráfico 7. Variações nos índices de resistência à penetração nas trilhas PMC e PNC.



Observação 1: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Observação 2: Na medição da compactação do leito da trilha em P1, o cone do penetrômetro penetrou apenas 2/3 da sua extensão na superfície do solo em duas repetições, portanto, foi utilizada apenas uma repetição.

Ao analisar o gráfico, observa-se que P2 apresentou elevada resistência à penetração no leito da trilha, isto pode estar relacionado com o efeito do pisoteio dos visitantes, e também, com a grande quantidade de argila encontrada no referido ponto

(superior a 28,8% nas duas profundidades – tabela 4, página 133). Porém, como em P1 apenas 2/3 do cone do penetrômetro adentrou ao solo em duas repetições e, portanto, só foi possível obter uma medição, fica evidente que P1 está mais resistente, com resistência de 45,37 kgf/cm<sup>2</sup>. Esse resultado reitera o que foi exposto na figura 19 (p. 95), onde observa-se a exposição do horizonte C no leito da trilha.

Portanto, é possível inferir que P1 está sofrendo intensamente com o pisoteio e com a erosão hídrica. Já P4 apresentou a menor resistência à penetração (22,99 kgf/cm<sup>2</sup>). Esses resultados estão de acordo com os valores obtidos na análise de densidade do solo na profundidade de 0-10 cm (expressos no gráfico 5, página 100). A análise estatística dos valores de resistência à penetração encontrados está expressa na tabela 8.

Tabela 8. Comparação dos valores de resistência à penetração nas trilhas PMC e PNC.

<b>RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM PMC E PNC (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média
<b>Trilha</b>	45,37C	29,07 A	26,03 A	22,99 B	29,12 A	30,51
<b>Borda</b>	7,69 A	4 B	6,29 A	8,58 B	4,9 B	6,29

Observação: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3 e 4 referem-se à trilha PNC. Observação 2: Na medição da compactação do leito da trilha em P1, o cone do penetrômetro penetrou apenas 2/3 da sua extensão na superfície do solo em duas repetições, portanto, foi utilizada apenas uma repetição.

Observação 3: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados na mesmas profundidade e linhas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de *Kruskal-Wallis* ( $p < 0,05$ ).

Observando a tabela 8 fica evidente que, analisando o piso da trilha, os pontos 2, 3 e 5 não diferem significativamente. Já na área de borda 1 e 3 não possuem semelhança com os outros pontos analisados.

Takahashi (1998) avaliou a resistência média do solo à penetração na superfície de uma trilha localizada no Parque Estadual Pico do Marumbi no Paraná, e encontrou valores de 9,2 kgf/cm<sup>2</sup> no leito da trilha e 4,1 kgf/cm<sup>2</sup> na área de borda. Já Figueiredo *et al.* (2010), ao avaliarem a compactação do solo em trilhas do Parque Nacional da Serra do Cipó, encontraram valores mais elevados, sendo os valores de resistência média do solo à penetração no leito da trilha de 37,8 kgf/cm<sup>2</sup> e nas áreas adjacentes de 10,2 kgf/cm<sup>2</sup> - isto porque na trilha estudada pelos autores havia passagem de veículos motorizados. Magro (1999) obteve, em sua pesquisa no Planalto do Itatiaia (RJ), utilizando um penetrômetro de bolso, uma resistência média de 45,9 kgf/cm<sup>2</sup> no leito da trilha e de 30,6

kgf/cm<sup>2</sup> nas margens afirmando que “ (...) *dados de resistência à penetração obtidos na parte externa da trilha mostraram correlação com a largura do solo exposto, com o número de fatores depreciativos e com o índice de erodibilidade do transecto analisado*” (MAGRO, 1999, p.68).

Analisando a área de borda das trilhas, P4 apresentou o maior valor 8,58 kgf/cm<sup>2</sup>, já P2 apresentou o menor valor 4 kgf/cm<sup>2</sup>. Fica evidente que o pisoteio está impactando negativamente o leito das trilhas, visto que, os resultados obtidos no leito são muito superiores aos obtidos na área de borda. Quando o pisoteio no leito da trilha é extremo, pode interferir na área de borda, conforme destacado por Andrade (2003). O autor, destaca que os efeitos que uma trilha causa no ambiente ocorrem principalmente na superfície da trilha, mas, também, na área de borda, isto é, a área afetada corresponde normalmente a um metro a partir de cada lado.

Os resultados de densidade do solo e de resistência à penetração apresentaram, como era esperado, correlações, pois, o ponto 1 que apresentou maior densidade do solo, também apresentou maiores valores de resistência à penetração. Já o ponto 4 apresentou menores valores tanto de densidade, quanto de resistência à penetração.

### **5.1.3 Avaliação da estabilidade de agregados**

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), foi realizada a análise da estabilidade em água dos mesmos.

Para apresentar os resultados relacionados à estabilidade dos agregados, foi elaborada uma tabela com os valores na profundidade de 0-10 cm (Tabela 9). Além disso, para melhor análise, foi elaborado um gráfico com os valores de macro e micro agregados do solo (Gráfico 8).

Tabela 9. Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 0-10 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NAS TRILHAS NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM					
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
DMP (mm)	2,66 BC	2,65 C	2,06 C	2,89 AB	1,91 A
DMG (mm)	2,05 B	2,13 B	1,75 B	2,73 A	1,79 B
IEA (%)	90,27 B	91,19 B	90,27 AB	97,73 A	88,34 C
Agregados > 2 mm (%)	86,99 ABC	85,50 BC	89,99 C	95,32 AB	86,25 BC

Observação 1: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados nas mesmas linhas, que seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste *Tukey* ( $p < 0,05$ ).

Observação 3: Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Índice de Estabilidade de Agregados (IEA)

A partir dos resultados da 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 10), verifica-se que os valores do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e conseqüentemente, do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), foram maiores no ponto 4. Através do resultado do teste estatístico, é possível inferir que o DMP no ponto 5 apresentou o menor valor (1,91 mm) e difere significativamente dos pontos 1, 2 e 3. Isso pode estar associado à elevada presença de partículas finas (silte e argila) encontradas no referido ponto e destacadas na tabela 2 (página 93). Este valor 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 5 apresentou textura franco-arenosa (tabela 2 – página 93) que é reconhecidamente uma das classes texturais de maior propensão à erosão (FULLEN; CATT, 2004; MORGAN, 2005; GUERRA, 2010; GUERRA *et al.*, 2017), sendo assim, o baixo teor de argila, pode estar influenciando na não formação de agregados maiores. De uma forma geral, o ponto 5 apresentou os menores índices de agregação, isto pode estar relacionado com a sua localização em uma área de

convergência de fluxos, onde a concentração de água pode provocar alterações nos índices de agregação.

O baixo valor do DMG (1,75mm) encontrado no ponto 3, pode ter relação direta com a baixa concentração de argila (tabela 1 – página 92). Diversos autores (CASTRO FILHO; LOGAN, 1991; FULLEN; CATT, 2004; SMETS *et al.*, 2011), destacam que a argila é uma partícula fundamental para agregação do solo, e quando há ausência ou baixa concentração dessa partícula isso pode refletir na agregação do solo. Além disso, o efeito do pisoteio no leito da trilha pode provocar a quebra da estrutura do agregado, principalmente nos primeiros centímetros do solo.

O ponto 4, está sofrendo menos impacto tanto do pisoteio, quanto da ação da água da chuva, pois os valores de DMP (2,89 mm), DMG (2,73 mm), IEA (97,73%) e de agregados > 2 mm (95,32,92%) foram altos. É importante destacar que o valor do DMG diferiu significativamente dos valores encontrados nos outros pontos. Matos *et al.* (2008) destacam que agregados estáveis em água contribuem para um solo mais poroso, e conseqüentemente, favorecem a infiltração e maior 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; BAHIA, 1998; RANGEL; GUERRA, 2017).

Com relação aos agregados > 2mm todos os pontos apresentaram valores adequados, isto é, maiores que 85%, indicando boa concentração de agregados de diâmetros maiores. Já o Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) no ponto 5 foi de 88,24% indicando mais rápida quebra dos agregados, diferindo estatisticamente dos outros pontos. A estabilidade dos agregados na camada superficial de solo (0-10 cm) está diretamente relacionada com a ocorrência do escoamento superficial e com a erodibilidade do solo (LE BISSONNAIS *et al.*, 2007; FATTET *et al.*, 2011), sendo assim, ao analisarmos o IEA, o leito da trilha mostra-se mais instável no referido ponto de coleta.

Com relação à profundidade de 10-20 cm (Tabela 10), observa-se que os pontos 2, 4 e 5 diferiram significativamente para os valores de DMP (2,69mm, 2,85mm e 2,07 mm, respectivamente). Já para DMG o ponto 4 apresentou diferença em relação aos demais (2,85 mm) DMG. De forma geral, o padrão de estabilidade de agregados na profundidade de 0-10 cm foi semelhante ao padrão na profundidade de 10-20 cm.

Analisando o IEA, observa-se que mais uma vez o ponto 4 diferiu significativamente dos demais (98,15%). Já para a porcentagem de agregados > 2 mm, os pontos 3 e 4 apresentaram valores diferentes estatisticamente (90,83% e 96,11%, respectivamente).

Tabela 10. Resultado da análise de estabilidade de agregados em água nos cinco pontos analisados nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 10-20 cm.

ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO NAS TRILHAS NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM					
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
DMP (mm)	2,63 BC	2,69 C	2,17 AC	2,85 B	2,07 A
DMG (mm)	2,15 B	2,22 B	1,83 B	2,69 A	1,81 B
IEA (%)	91,27 B	91,99 B	92,04 B	98,15 A	90,76 B
Agregados > 2 mm (%)	87,79 BC	85,80 BC	90,83 C	96,11 B	87,35 BC

Observação 1: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados nas mesmas linhas, que seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste *Tukey* ( $p < 0,05$ ).

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 Deneff *et al.* (2001b) são compostos por agregados de diâmetro inferior a 0,5 mm. 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. Logo, 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.

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; CATT, 2004; GUERRA; MENDONÇA, 2004; GYSSELS *et al.*, 2005; GUERRA, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2013; RANGEL, GUERRA, 2017; JORGE, 2017).

De forma geral, a trilha PMC apresentou os maiores valores de microagregados se comparada à trilha PNC. O efeito do pisoteio - mais intenso na trilha PMC, visto que, nem todos os visitantes seguem por trilha até a piscina natural, logo, não percorrem a trilha PNC - e a posição dos pontos de coleta na encosta - a variação de altitude na trilha PMC é inferior à da trilha PNC - podem ser alguns dos fatores que explicam esses valores.

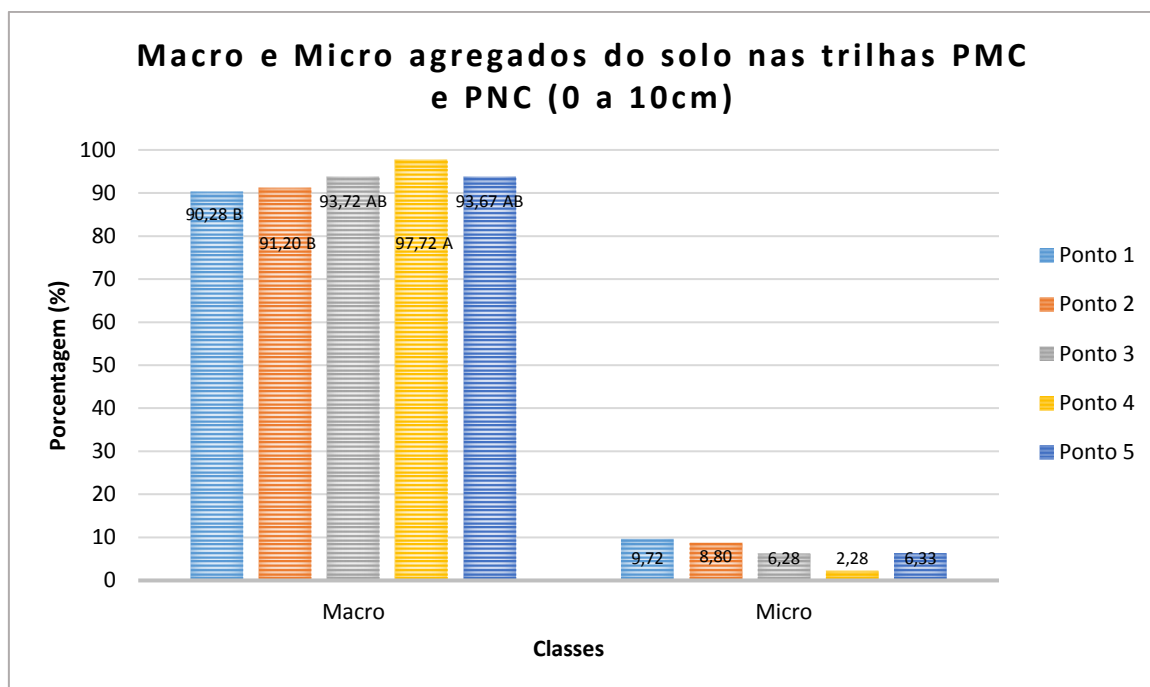
Os valores de macro e micro agregados do solo, na profundidade de 0-10 cm, apresentados no gráfico 8 corroboram os resultados dos índices de agregação



apresentados no ponto 4 (tabela 10). A porcentagem de macroagregados é de 97,72%, sendo, portanto, a maior taxa de macroagregados encontrada nos pontos analisados.

O ponto 1 apresentou a maior taxa de microagregados (9,72%). Esse valor mais elevado de microagregados, pode estar relacionado com a localização do ponto da encosta, isto é, mais próximo do costão rochoso e, conseqüentemente das partículas de areia presentes na praia. A elevada concentração de areia (fração granulométrica que pouco contribui para a formação de agregados) no ponto pode ser verificada nas tabelas 1 e 2 (páginas 92 e 93).

Gráfico 8. Distribuição de macro e micro agregados do solo nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 0-10 cm.



Observação 1: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

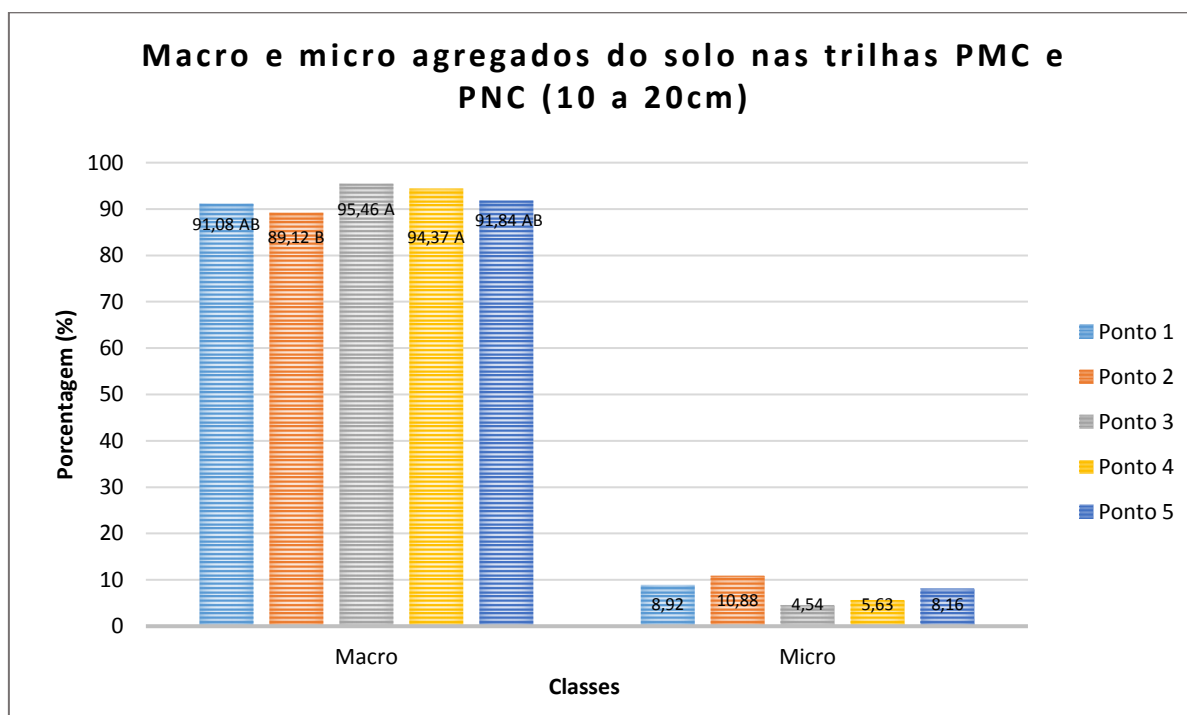
Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados e está representado nas colunas dos macroagregados. Letras semelhantes não diferem significativamente pelo teste *Tukey* ( $p < 0,05$ ).

A partir da análise do teste estatístico, fica evidente que o ponto 4 difere significativamente dos pontos 1 e 2. Enquanto estes apresentam os menores teores de macro agregados (90,28% e 91,20%, respectivamente), aquele apresenta os maiores valores (97,72%). 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, alterando as propriedades químicas e físicas do mesmo.

Ao analisar a concentração de macro e microagregados na profundidade de 10-20 cm (Gráfico 9), observa-se que o ponto 2 apresentou menores taxas de macroagregados (89,12%), e conseqüentemente, maiores taxas de microagregados (10,88%). Ele difere significativamente do ponto 3 (macroagregados de 95,46%) e do ponto 4 (macroagregados de 94,37%), que apresentaram os menores valores de microagregados (4,54% e 5,63%, respectivamente). De uma forma geral, os valores encontrados são considerados bons de acordo com diversos autores (DENEFF *et al.*, 2001b; CASTRO FILHO *et al.*, 2002; MADARI, 2004; RANGEL; GUERRA, 2017).

Gráfico 9. Distribuição de macro e micro agregados do solo nas trilhas PMC e PNC na profundidade de 10-20 cm.



Observação 1: Os pontos 1 e 2 referem-se à trilha PMC e os pontos 3, 4 e 5 referem-se à trilha PNC.

Observação 2: O teste estatístico foi realizado para comparar os resultados e está representado nas colunas dos macroagregados. Letras semelhantes não diferem significativamente pelo teste *Tukey* ( $p < 0,05$ ).

Salton *et al.* (2008) destacam 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. Neste sentido, alguns pontos das trilhas estudadas (pontos 1 e 2) estão sofrendo maior impacto do uso das trilhas, e conseqüentemente, possuem agregados menos estáveis.

#### **5.1.4 Avaliação do pH e matéria orgânica**

Foram analisadas duas propriedades químicas dos solos: pH e teor de matéria orgânica. 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). Além disso, a MO possui relação com as outras propriedades físicas do solo como a compactação. Portanto, para fazer a correlação entre essas propriedades do solo, foram elaboradas duas tabelas (Tabelas 11 e 12), nas quais estão apresentados de forma sintética os resultados obtidos a partir da análise do pH e da matéria orgânica nas duas profundidades analisadas.

Apenas o ponto 5 apresentou teores de matéria orgânica menores que 3,5% nas duas profundidades (3,43% na profundidade de 0-10 cm e 3,48% na profundidade de 10-20 cm). Fullen e Catt (2004) destacam que esses valores indicam maior instabilidade no solos e maior propensão à erosão. Esses valores corroboram a análise de estabilidade de agregados, na qual, o ponto 5 também apresentou maior instabilidade nas duas profundidades (IEA de 88,34% na profundidade de 0-10 cm e 90,76% na profundidade de 10-20 cm).

Kroeff (2010), Rangel *et al.* (2015a), Jorge (2017), Rangel e Guerra (2018) associam as baixas taxas de matéria orgânica com o aprofundamento e surgimento de ravinas, em trilhas, como consequência do pisoteio, escoamento concentrado e desmatamento da vegetação da borda.

O ponto 4 apresentou os maiores teores de matéria orgânica (7,07% na profundidade de 0-10 cm e 6,33% na profundidade de 10-20 cm). Além disso, apresentou os maiores teores de macroagregados na profundidade de 0-10 cm (97,72%). Denef *et al.* (2001b) destacam a importância dos macroagregados em controlar a estabilização do carbono e da matéria orgânica no solo. 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 nesse ponto está favorecendo a agregação, o que é confirmado ao comparar os resultados de agregação do solo (IEA de 97,73% na

profundidade de 0-10 cm e 98,15% na profundidade de 10-20 cm) com os teores de matéria orgânica.

Tabela 11. Resultado simplificado da estabilidade de agregados e das propriedades químicas do solo na profundidade de 0-10 cm.

Pontos de coleta	Profundidade	Agregados		Propriedades Químicas	
		Índice de Estabilidade de Agregados (%)	Macroagregados (%)	pH	Matéria Orgânica (%)
PMC 1	0-10 cm	90,27	90,28	6,87	5,8
PMC 2	0-10 cm	91,19	91,2	5,39	5,02
PNC 3	0-10 cm	90,27	93,72	5,6	4,55
PNC 4	0-10 cm	97,73	97,72	6,35	6,33
PNC 5	0-10 cm	88,34	93,67	4,24	3,43
Média		91,56	93,32	5,91	5,03
Desvio padrão		3,22	2,58	0,51	1,01
Coeficiente de variação (%)		3,52	2,77	8,62	20,04

Mendonça e Rowell (1994) afirmam que a constante ruptura dos agregados pode acelerar as perdas de carbono orgânico no solo. Christensen (2001), afirma que além das interações entre os minerais, a interação destes com a matéria orgânica, constituem complexos organominerais, afeta intensamente o tamanho dos agregados estáveis em água. Ademais, a ciclagem de nutrientes é 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 (FRANZLUEBBERS, 2002). Além disso, diversos autores (PODWOJEWSKI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013) destacam a influência da rocha do substrato na composição mineralógica do solo, e conseqüentemente, no teor de matéria orgânica e no pH do solo.

Tabela 12. Resultado simplificado das propriedades físicas e químicas do solo na profundidade de 10-20 cm.

Pontos de coleta	Profundidade	Agregados		Propriedades Químicas	
		Índice de Estabilidade de Agregados (%)	Macroagregados (%)	pH	Matéria Orgânica (%)
PMC 1	10-20 cm	91,27	91,08	6,54	6,01
PMC 2	10-20 cm	91,99	89,12	5,86	5,17
PNC 3	10-20 cm	92,04	95,46	5,83	4,97
PNC 4	10-20 cm	98,15	94,37	6,01	7,07
PNC 5	10-20 cm	90,76	91,84	4,03	3,48
Média		92,84	92,37	6,08	5,34
Desvio padrão		2,70	2,28	0,24	1,19
Coeficiente de variação (%)		2,90	2,47	3,89	22,26

Com relação ao pH observou-se que - com exceção do ponto 2 na profundidade de 0-10 cm (pH de 5,39) e do ponto 5 nas duas profundidades (pH de 4,24 e 4,03) - em todos os pontos os níveis permaneceram entre 5,5 e 7,0 o que segundo Brady (1989) e Lima (2008), são níveis equilibrados de pH, representando uma faixa na qual, salvo algumas exceções, as plantas se desenvolvem de maneira adequada, nos solos de regiões úmidas. Este fato é corroborado pela presença de vegetação bem desenvolvida na área de borda da trilha. Jorge (1975) destaca a relação direta da matéria orgânica com a capacidade de troca catiônica, que quando elevada, favorece a elevação do pH. Sendo assim, as mudanças de pH são melhor suportadas por solos ricos em matéria orgânica (JORGE, 1975). Assim, a relação entre o pH e a matéria orgânica no ponto 5 fica evidente, pois, as taxas de MO foram baixas.

De acordo com a classificação de Volkweiss (1989), o ponto 5 apresenta solos muito ácidos. Jorge (2017) encontrou solos ácidos em algumas trilhas analisadas no município de Ubatuba. Por serem áreas relativamente próximas, com regime pluviométrico intenso, esses valores podem estar relacionados ao clima. Esse argumento é enfatizado por Meurer (2012), que afirma que a formação dos solos ácidos é o resultado

da combinação de muitos fatores, com grande importância para as condições climáticas, em termos de alta temperatura e intensidade de chuvas. Estas condições favorecem a rápida decomposição da rocha, com a lixiviação de bases trocáveis, e a consequente intemperização do solo e formação da acidez.

Valores baixos de pH corroboram para afetar a estabilidade dos agregados, pois à medida que o teor de matéria orgânica diminui, a ruptura dos agregados aumenta e crostas se formam na superfície do solo, aumentando a sua compactação (MORGAN, 2005; GUERRA, 2010; PEREIRA *et al.* 2016).

Os pontos 1 e 4 apresentaram os maiores valores de pH nas duas profundidades (6,87 e 6,54 no ponto 1 e 6,85 e 6,01 no ponto 4). Segundo Malavolta (1979), os solos com pH entre 6 e 6,5 são ideais para o crescimento da vegetação. Solos ácidos podem ser reflexo das elevadas taxas de escoamento da área degradada, transportando as bases do mesmo, o que dificulta o crescimento da vegetação. Fullen e Catt (2004), Vezzani e Mielniczuk (2009) e Pereira *et al.* (2016) ressaltam que a solos ácidos estão vinculados à baixa capacidade de troca catiônica entre a vegetação e partículas do solo. Pereira *et al.* (2016, p. 308) afirmam que *“solos com pH baixo interferem na fragilidade dos agregados, corroborando com a baixa permeabilidade e aeração, o que pode elevar a probabilidade de ocorrência do escoamento superficial e intensificar os problemas com a erosão acelerada”, observada nas feições erosivas bem desenvolvidas ao longo das trilhas.*

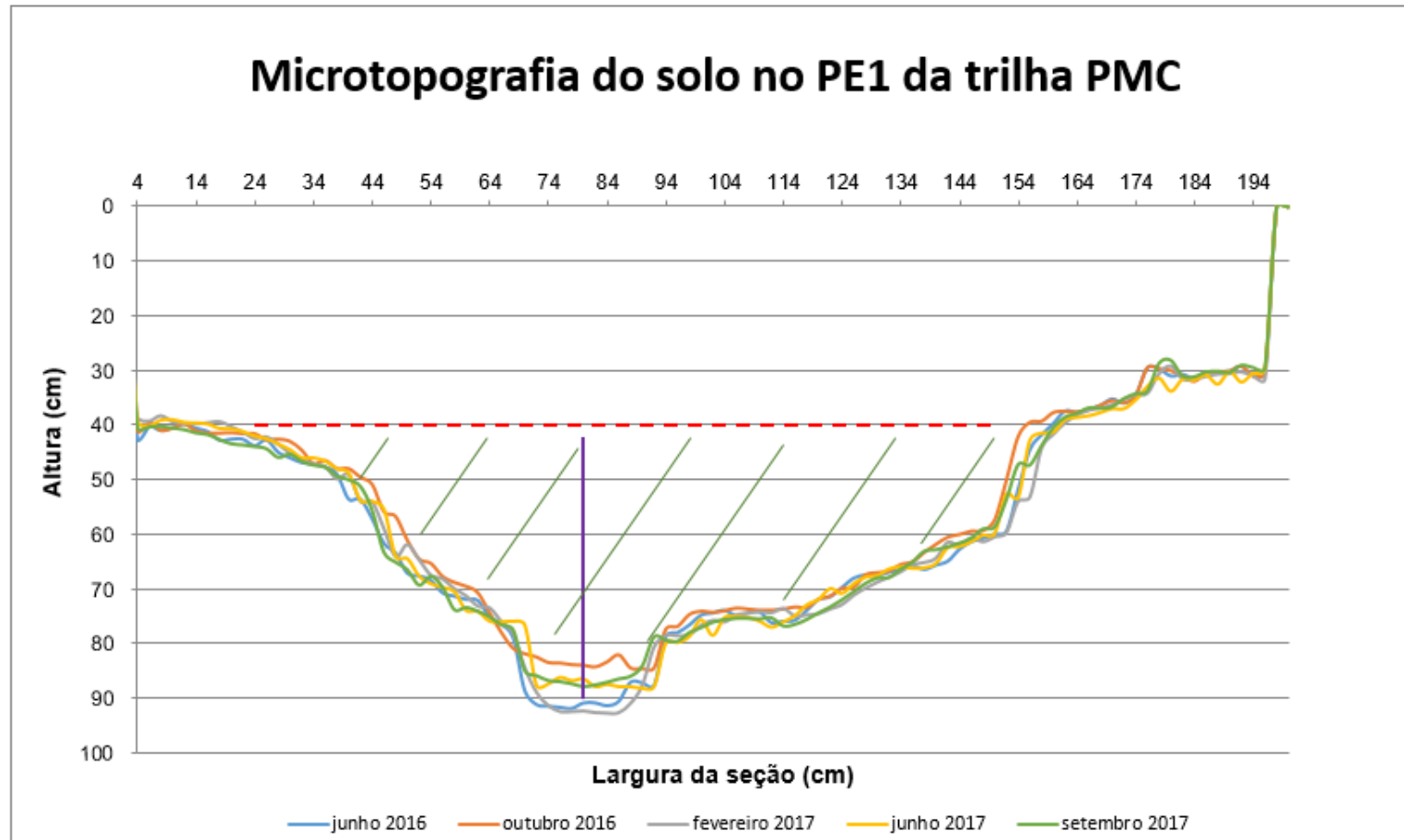
A relação entre pH, matéria orgânica e estabilidade de agregados fica evidente ao analisarmos as tabelas 11 e 12, principalmente no ponto 5, que apresentou baixos valores de MO (3,43%), pH (4,24) e IEA (88,34%) na profundidade de 0-10 cm. Além disso, apresentou a maior taxa de densidade do solo (1,46 g/cm<sup>3</sup>) e, conseqüentemente, menor porosidade (39,42%). Neste sentido, fica evidente que esse ponto está sofrendo maior impacto do pisoteio e dos processos erosivos. Logo, os baixos teores de MO encontrados afetam 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.

## 5.2 Avaliação da microtopografia do solo

A avaliação da microtopografia do solo permitiu corroborar o que foi observado através da análise do grau de dificuldade. Verificou-se a evolução dos processos de erosão e deposição de sedimentos no leito da trilha, através do pisoteio e da concentração do fluxo de água. Foram monitorados quatro perfis transversais, sendo dois em cada trilha.

No primeiro monitoramento da ponte de erosão (PE1) observa-se a presença de uma ravina (profundidade de 16 cm e largura de 21 cm, aproximadamente) no leito da trilha que em outubro de 2016 e junho de 2017 estava com elevado acúmulo de serapilheira. Já em junho de 2016 e fevereiro de 2017 estava com menos serapilheira (Gráfico 10).

Gráfico 10. Evolução da microtopografia do solo no primeiro ponto da trilha PMC, em junho e outubro de 2016, fevereiro, julho e setembro de 2017.



Observação 1: A estimativa da profundidade anterior a incisão da trilha está sinalizada com uma linha pontilhada em vermelho.

Observação 2: A estimativa da área de solo erodida após a incisão da trilha está sinalizada pelas hachuras em verdes.

Observação 3: A estimativa da erosão em profundidade está expressa pela linha roxa.



Estima-se, portanto, que ocorreu uma perda de aproximadamente 50 cm de solo em profundidade, isto é, antes do corte e incisão da trilha o piso estava nivelado a 40 cm e atualmente, o ponto mais profundo da trilha ultrapassa 90 cm de altura. Já a área erodida (hachuras em verde), variou entre 0,358 m<sup>2</sup> em outubro de 2016 e 0,398 m<sup>2</sup> em junho de 2016. É possível observar nesse ponto o horizonte C exposto no leito da trilha, a ravina originada pelo escoamento superficial da água e, agravada, pelo pisoteio (Figura 39). A remoção dos horizontes superficiais pode ter ocorrido pela intensa pluviosidade da área, pela declividade do ponto monitorado, pela elevada porcentagem de areia total (56,7% e 50,12%, nas duas profundidades analisadas).



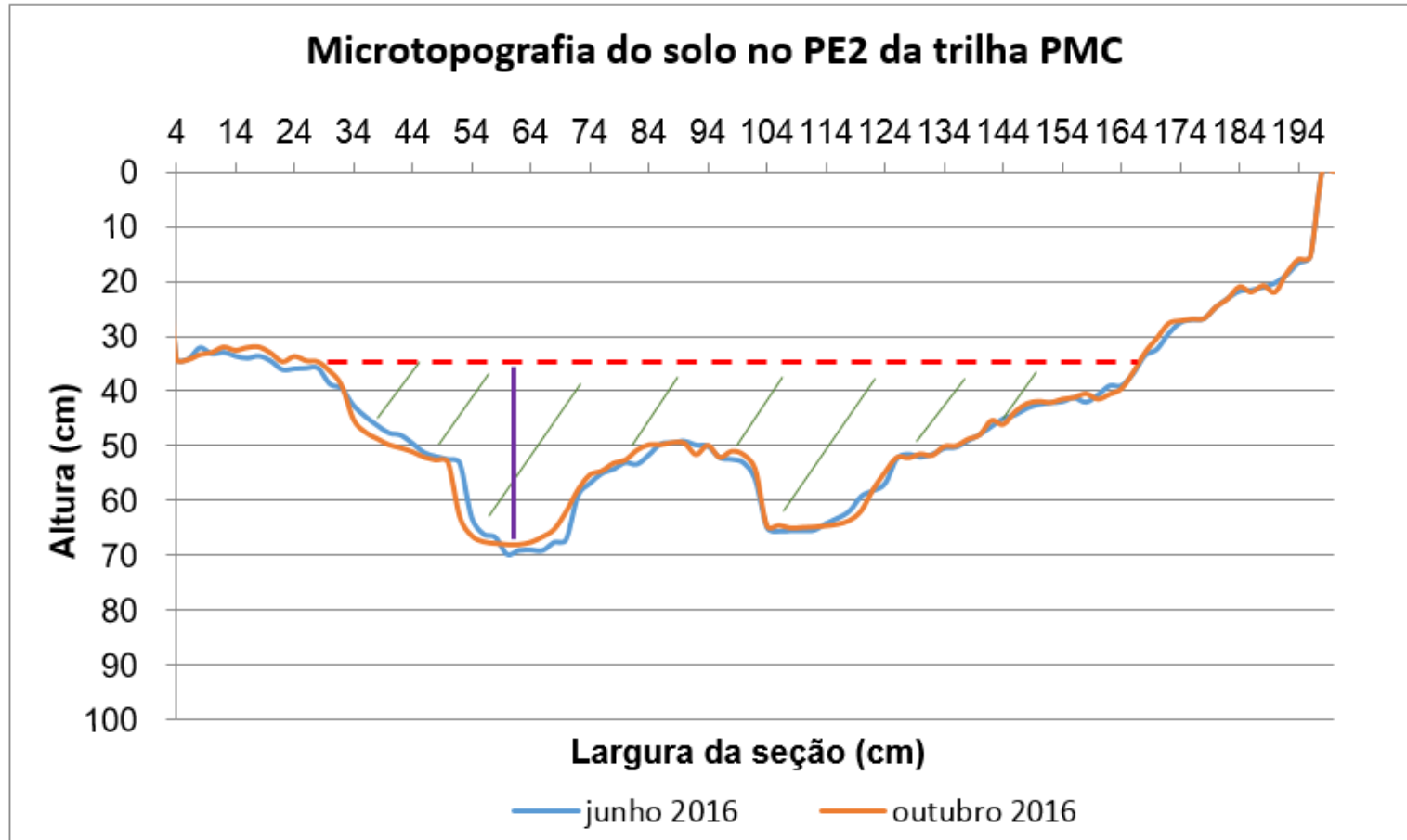
Figura 21. Análise da microtopografia do solo, através da ponte de erosão, em PE 1 da trilha PMC em junho de 2016. A seta em amarelo indica ravina com acúmulo de serapilheira e o destaque em vermelho indica início de exposição do horizonte C. Foto: L. A. Rangel (2016).

No segundo ponto onde foi avaliada a microtopografia (PE 2), só foi possível realizar dois monitoramentos, pois, em fevereiro de 2017 uma das estacas que servia como base de nivelamento foi soterrada por um deslizamento que ocorreu no talude superior da trilha e a outra foi erodida em decorrência desse deslizamento. Esse processo pode estar associado ao grande volume pluviométrico na área entre 01 de janeiro de 2017 e 03 de fevereiro de 2017 (data do monitoramento da microtopografia) a estação pluviométrica de Parati monitorou 485 mm de chuva, sendo que em algumas horas do dia

10 de janeiro choveu aproximadamente 101 mm. (INMET, 2017). Isto evidencia a influência da pluviosidade e da declividade no terreno onde está situado a trilha.

O gráfico 11 ilustra a presença de duas ravinas (uma de aproximadamente 20 cm de profundidade e 24 cm de largura e outra de 13 cm de profundidade e 28 cm de largura) no leito da trilha.

Gráfico 11. Evolução da microtopografia do solo no segundo ponto da trilha PMC em junho e outubro de 2016.



Observação 1: A estimativa da profundidade anterior a incisão da trilha está sinalizada com uma linha pontilhada em vermelho.

Observação 2: A estimativa da área de solo erodida após a incisão da trilha está sinalizada pelas hachuras em verdes.

Observação 3: A estimativa da erosão em profundidade está expressa pela linha roxa.

Comparando o possível nível inicial antes da incisão da trilha (28 cm) e o ponto de maior profundidade atualmente (68 cm), verifica-se erosão de 40 cm de profundidade. Já a área (hachuras em verde) estimada de perda de solo por causa da erosão em PE 2 é de 0,279 m<sup>2</sup> em junho e 0,278 m<sup>2</sup> em outubro de 2016.

As três figuras a seguir ilustram as alterações no piso da trilha e no talude superior, que ocorreram após outubro de 2016, provavelmente no final de janeiro, antes do monitoramento de fevereiro de 2017 (Figuras 22, 23, 24 e 25).



Figura 22. Microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em outubro de 2016, com vegetação presente no talude superior e ravinas no leito (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2016).



Figura 23. Microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em janeiro de 2017, com pequeno deslizamento no TS e deposição de serapilheira no leito (seta em vermelho), ravinas monitoradas (setas em amarelo) e estaca de nivelamento ainda presente (destaque em laranja). Foto: L. A. Rangel (2017).



Figura 24. Alterações significativas no ambiente e na microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em fevereiro de 2017, com deslizamento no talude superior e soterramento da estaca no talude superior (detalhe 'b'), erosão da estaca de nivelamento no talude inferior (detalhe 'a') e deposição de material no leito da trilha onde antes existiam ravinas (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2017).

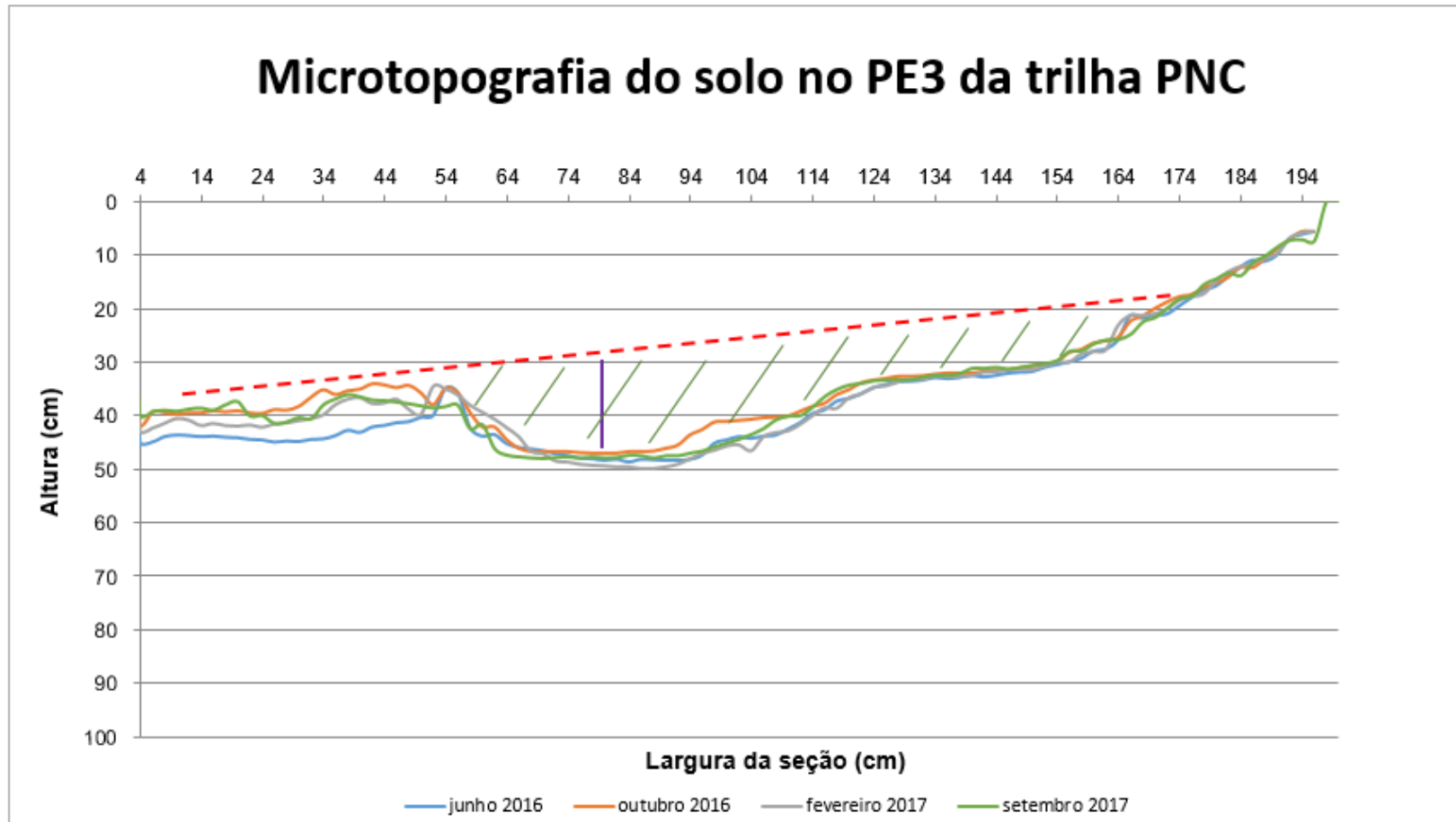


Figura 25. Situação do ambiente e da microtopografia do solo em PE 2 da trilha PMC em setembro de 2017, com criação de atalho já consolidado onde ocorreu deslizamento no talude superior (detalhe) e acúmulo de serapilheira em ravinas no leito da trilha (setas amarelas)

Silva e Castro (2015) também encontraram ravinas ao observar a microtopografia na trilha para a praia do Perigoso (RJ), a primeira com largura entre 20 a 30 centímetros e 20 centímetros de profundidade e a segunda, com largura variando entre 50 a 60 centímetros e entre 30 a 35 centímetros de profundidade. Os autores destacaram a influência negativa da presença de processos erosivos para a experiência do visitante. O mesmo foi constatado na presente pesquisa, diversos visitantes tiveram dificuldades em passar por esse trecho da trilha PMC.

Analisando o terceiro perfil da microtopografia (PE 3) é possível observar que a profundidade de solo erodida e compactada após a incisão da trilha não foi tão expressiva quanto em PE 1 e PE 2. Comparando o possível nível inicial antes da incisão da trilha (17 cm) e o ponto de maior profundidade atualmente (50 cm), verifica-se erosão de 33 cm de profundidade. Já a área (hachuras em verde) estimada de perda de solo por causa da erosão em PE 3 variou de 0,165 m<sup>2</sup> em outubro de 2016 e 0,212 m<sup>2</sup> em junho (Gráfico 12).

Gráfico 12. Evolução da microtopografia do solo no terceiro ponto na trilha PNC em junho e outubro de 2016, fevereiro e setembro de 2017.



- Observação 1: A estimativa da profundidade anterior a incisão da trilha está sinalizada com uma linha pontilhada em vermelho.  
 Observação 2: A estimativa da área de solo erodida após a incisão da trilha está sinalizada pelas hachuras em verdes.  
 Observação 3: A estimativa da erosão em profundidade está expressa pela linha roxa.

Verificou-se também, uma ravina de aproximadamente 50 cm de largura e 15 cm de profundidade, bem no meio do leito da trilha, evidenciando o caminho preferencial do escoamento superficial e dos visitantes, que compactam o solo através do pisoteio. Além disso, raízes e blocos rochosos também estão presentes no ponto de monitoramento (Figura 26).



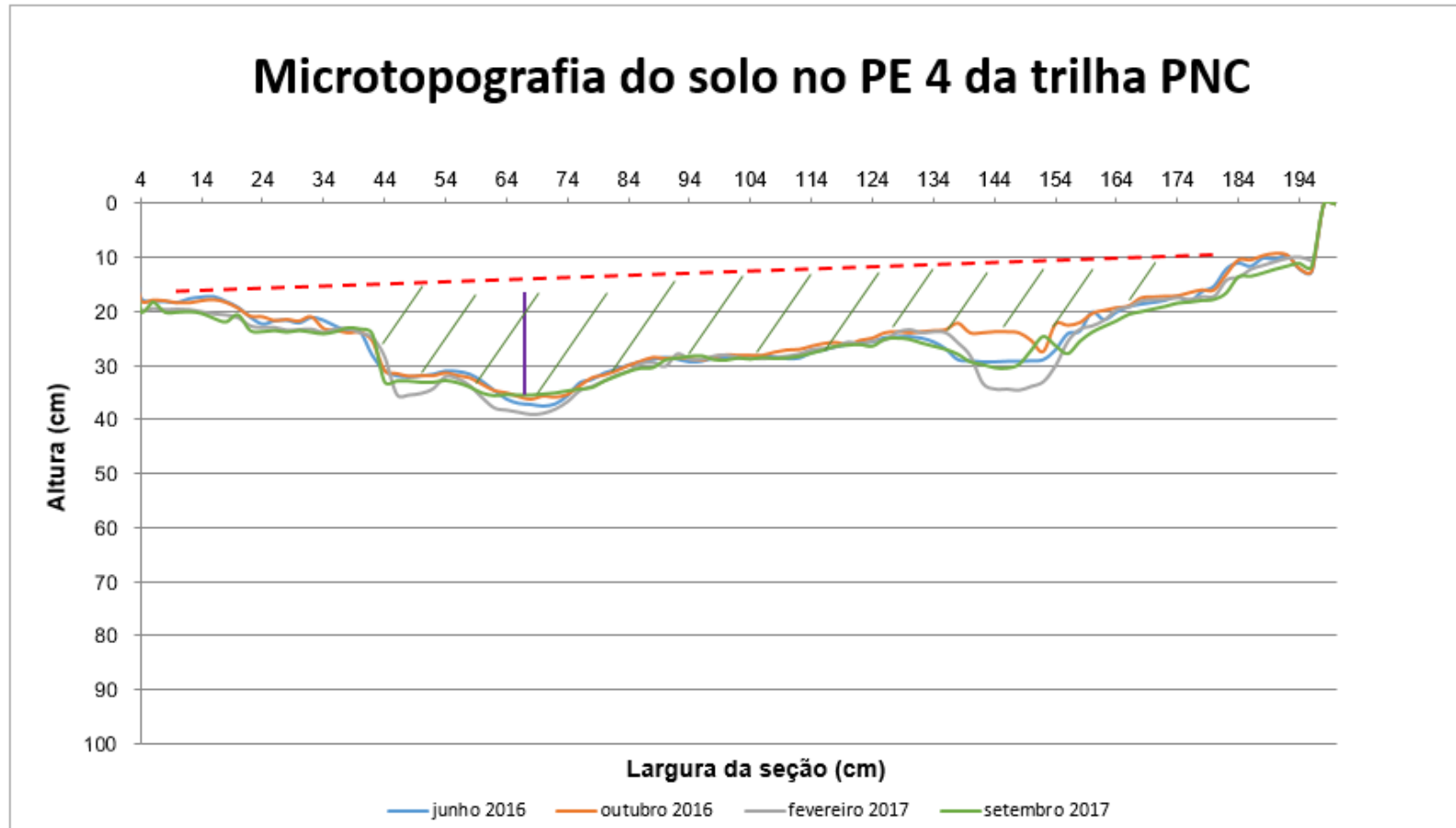
Figura 26. Análise da microtopografia do solo em PE 3 na trilha PNC. Ravina com acúmulo de serapilheira (seta amarela), raízes expostas e blocos rochosos no leito. Foto: L. A. Rangel (2016).

Ao analisar o quarto perfil da microtopografia (PE 4) verifica-se que a profundidade de solo erodida e compactada após a incisão da trilha não foi tão expressiva. Ao comparar o possível nível inicial antes da incisão da trilha (12 cm) e o ponto de maior profundidade atualmente (39 cm), verifica-se perda de 27 cm de profundidade, sendo, portanto, o perfil que menos evoluiu em profundidade. Isso pode estar relacionado com o ambiente vegetacional da trilha, isso é, com a elevada produção de serapilheira que, ao se depositar na trilha, impede o aumento da erosão em profundidade. Aliado a isso, a largura do leito de, aproximadamente, 1,5 metros, não permite que o pisoteio seja concentrado em um determinado ponto.

Já a área (hachuras em verde) estimada de erosão e sedimentação em PE 4 variou de 0,193 m<sup>2</sup> em outubro de 2016 a 0,225 em fevereiro de 2017 (Gráfico 13).



Gráfico 13. Evolução da microtopografia do solo no quarto ponto na trilha PNC em junho e outubro de 2016, fevereiro e setembro de 2017.



Observação 1: A estimativa da profundidade anterior a incisão da trilha está sinalizada com uma linha pontilhada em vermelho.

Observação 2: A estimativa da área de solo erodida após a incisão da trilha está sinalizada pelas hachuras em verdes.

Observação 3: A estimativa da erosão em profundidade está expressa pela linha roxa.

Comparando o gráfico 13 com a figura 27 verifica-se a presença de três ravinas em evolução no leito da trilha. A primeira com profundidade de 5 cm e largura de 10 cm, aproximadamente; a segunda com largura de 24 cm e profundidade de 8 cm, aproximadamente; e a terceira com a maior variação em profundidade desde o início do monitoramento, essa variação pode estar atrelada ao processo de deposição de serapilheira e de sedimentos.



Figura 27. Análise da microtopografia do solo em PE 4 na trilha PNC. Ravinas no leito da trilha com acúmulo de serapilheira (setas amarelas). Foto: L. A. Rangel (2016).

O PE 4 fica localizado em uma escada improvisada com contenções de madeira, as estruturas de manejo – corrimão e degraus – estão bastante danificadas. Além disso, foi criado um atalho, entre outubro de 2016 e fevereiro de 2017, bem antes do ponto de monitoramento (Figura 28).



Figura 28. Análise da microtopografia do solo em PE 4. A seta em vermelho indica o atalho que foi criado após o primeiro monitoramento em junho de 2016 (no detalhe em vermelho) e a seta em amarelo indica o caminho que era percorrido na trilha antes da criação do atalho. Fotos: L. A. Rangel (2016).

Através da análise dos gráficos é possível estimar a área de solo erodida a partir da incisão da trilha. Na tabela 13 estão os resultados estimados referentes à área de solo erodida, no leito da trilha, de acordo com os dados obtidos a partir do monitoramento da microtopografia.

Tabela 13. Estimativa de variação da área de solo erodida/sedimentada no leito das trilhas PMC e PNC a partir do monitoramento da microtopografia.

	<b>Junho de 2016</b>	<b>Outubro de 2016</b>	<b>Fevereiro de 2017</b>	<b>Junho de 2017</b>	<b>Setembro de 2017</b>	<b>Média</b>
PE1	0,39858	0,35816	0,39384	0,38342	0,38948	0,384696
PE 2	0,27912	0,27823	-	-	-	0,278675
PE 3	0,21172	0,16538	0,19456	-	0,18428	0,188985
PE 4	0,20616	0,19352	0,22512	-	0,22466	0,212365

Observação 1 : PE 1 e PE 2 referem-se à trilha PMC; PE 3 e PE 4 referem-se à trilha PNC.

Observação 2: Valores expressos em m<sup>2</sup>.

Observação 3: Os valores foram estimados a partir do monitoramento realizado nos dias determinados.

Analisando a área de solo erodida em PE1 observa-se que em outubro de 2016 foi encontrado o menor valor (0,35816 m<sup>2</sup>), enquanto junho de 2016 e fevereiro de 2017 apresentaram a maior área de solo erodida (0,39858 m<sup>2</sup> e 0,39384 m<sup>2</sup>). A pequena variação pode estar associada com o curto período de monitoramento, com os ciclos de transporte e deposição das partículas do solo e com a remoção e deposição de serapilheira, principalmente na ravina localizada no leito. Ademais, o período chuvoso pode estar influenciando no dado obtido em fevereiro de 2017, pois, quanto maior o volume de chuva, maior a quantidade de solo transportada. Percebe-se, portanto, deposição de material (solo ou serapilheira), no período de 06/2016 até 10/2016, remoção de 10/2016 até 02/2017 e, novamente, deposição de material entre 02/2017 e 06/2017.

Já em PE 2 – que sofreu com deslizamento de terra no TS e, conseqüentemente, soterramento e erosão das estacas de nivelamento em janeiro de 2017 – foi observada pequena variação do tamanho da área do perfil transversal no leito da trilha. Em PE 3 e PE 4 foi observada a mesma tendência que em PE 1, isto é, deposição de material no período de 06/2016 até 10/2016 e remoção de 10/2016 até 02/2017. Nesses dois últimos pontos não foi possível realizar o monitoramento em junho de 2017 devido à chuva e à ressaca intensa que impossibilitaram chegar na trilha para a piscina natural (Figura 29)



Figura 29. Vista da praia do Caixa D'Aço no dia 20 de junho de 2017. Chuva intensa e ressaca do mar impediram a chegada até a trilha PNC. Foto: Hugo Alves (2017).

Neste sentido, a microtopografia do solo está sofrendo alterações devido à intensidade do pisoteio e ao regime pluviométrico que facilita a concentração do fluxo de água convergindo para as ravinas, podendo contribuir para o aparecimento de novos processos erosivos, aumentando ainda mais a erodibilidade do solo. Somando a isto, a ausência de vegetação e de matéria orgânica no leito expõe o solo aos efeitos de erosividade da chuva, o que acentua o aporte de sedimentos retirados (Figura 30).



Figura 30. Fluxo superficial de água, sedimentos e serapilheira durante evento chuvoso na trilha PMC em junho de 2017. Foto: Hugo Alves (2017).

### 5.3 Avaliação do grau de dificuldade das trilhas

Conforme explicitado anteriormente, para análise do grau de dificuldade da trilha foram considerados aspectos de variação da declividade, situação do piso e distância a ser percorrida. Apesar de serem trilhas com pouca extensão, apresentam trechos declivosos e de difícil acesso aos usuários, pois as estruturas de manejo não estão muito conservadas. Para análise do grau de dificuldade foram elaborados dois perfis de elevação – uma para PMC e outro para PNC - o que permitiu dividir a trilha PMC em seis trechos e a trilha PNC em oito trechos (Figuras 31 e 32).

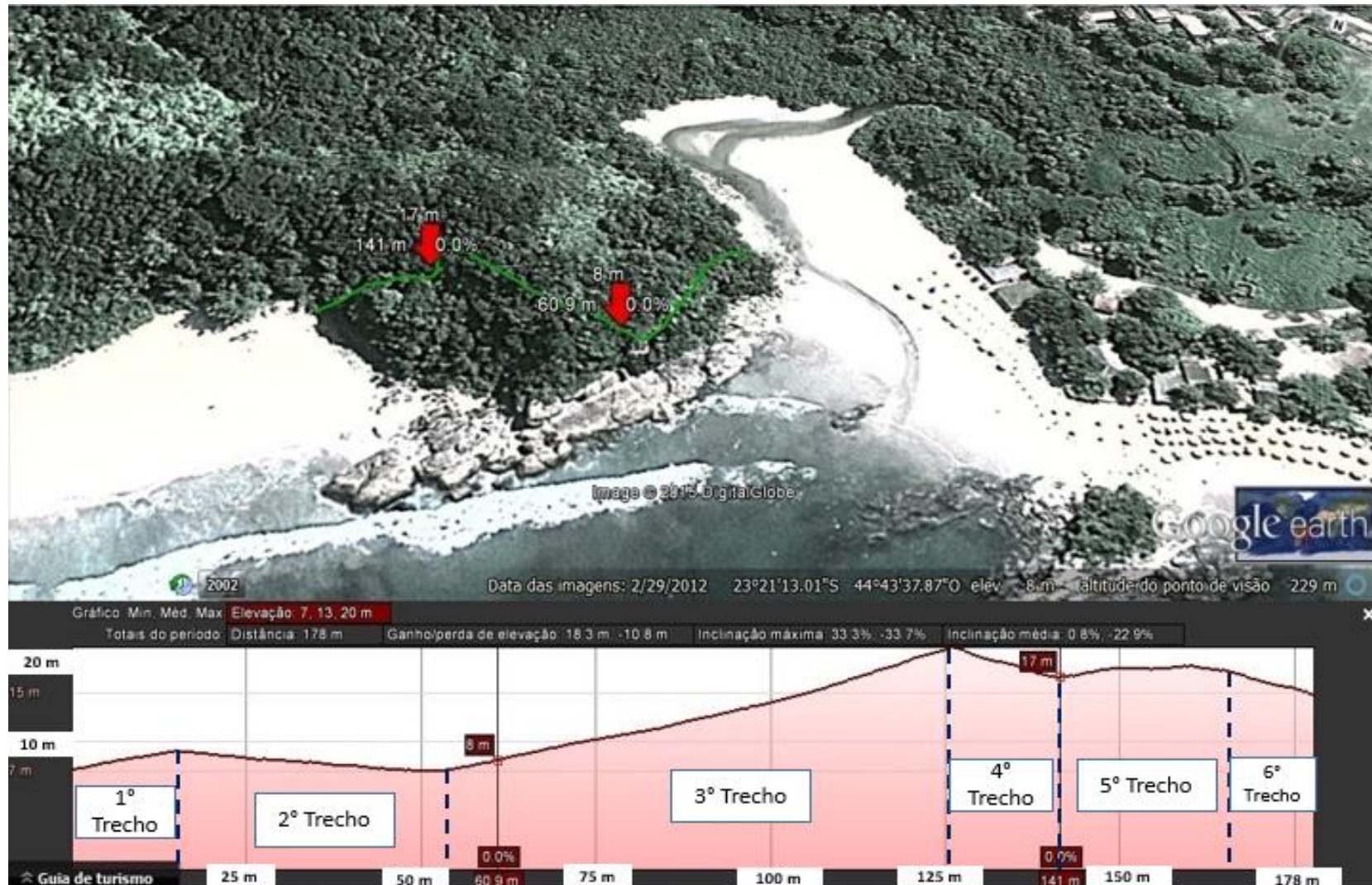


Figura 31. Perfil de elevação e localização dos pontos de coleta na trilha PMC. Adaptado do Google Earth. Fonte da imagem: Digital Globe (2015).

Entende-se que a variação da declividade é o fator predominante para a definição do grau de dificuldade, pois, associada à presença/ausência de estruturas de manejo e situação do piso, pode interferir significativamente na qualidade da experiência do usuário. A trilha PMC pode ser dividida em seis trechos; sendo o 3º trecho com maior grau de dificuldade. Já a trilha PNC foi dividida em oito trechos. Entre os trechos 3 e 4 a inversão de declividade (subida seguida de uma descida ou o inverso) é bastante significativa.



Figura 32. Perfil de elevação e localização dos pontos de coleta na trilha PNC. Adaptado do Google Earth. Fonte da imagem: Digital Globe (2015)



A partir da observação do traçado em planta e em perfil, verificou-se que as trilhas não acompanham as curvas de nível, como diversos autores destacam (COSTA, 2008; KROEFF, 2010; RANGEL, 2014; RANGEL; BOTELHO, 2017) que é fundamental para redução de processos erosivos e redução do grau de dificuldade. Ademais, verifica-se através dos perfis de elevação que não há variação significativa de altitude, porém alguns pontos apresentam expressiva inversão de declividade.

Outra questão a ser destacada é a situação do piso e a variação das características do solo e da vegetação. Em ambas as trilhas o leito apresenta blocos rochosos, raízes expostas e algumas intervenções de manejo como corrimão, guarda corpo, degraus já bastante deteriorados. A erosão da borda crítica, o estreitamento do leito em determinados pontos, a presença de feições erosivas significativas, a exposição do horizonte C em diversos pontos e a ocorrência de movimentos de massa no TS também influenciam negativamente no grau de dificuldade das trilhas.

Logo, de acordo com as proposições de Dias *et al.* (1986), Andrade (2003) e Rangel (2016) as trilhas para a piscina natural Caixa D'Aço podem ser consideradas de grau 2, isto é, com grau de dificuldade médio ou moderado, visto que, apesar de não serem extensas, a presença de feições erosivas no leito e a deterioração das estruturas de manejo impactam negativamente na experiência do visitante. Além disso, a declividade média das trilhas é de aproximadamente 37% (20°) o que dificulta ainda mais o trajeto.

#### 5.4 Análise do PAR-TM

O PAR-TM foi aplicado nas duas trilhas, quando se observava variação significativa no ambiente natural. Foram observados sete trechos diferentes de acordo com as variações em campo (os trechos de 1 a 3 correspondem à trilha PMC e os trechos de 4 a 7 correspondem à trilha PNC). Na tabela 1 são destacadas características gerais dos trechos onde o PAR foi aplicado como: coordenadas de início, extensão aproximada, declividade média em graus e em porcentagem e largura média do leito. Além disso, observa-se a declividade média da trilha em graus e porcentagem.

Tabela 14. Características gerais dos trechos de acordo com o PAR-TM aplicado nas trilhas para a piscina Caixa D'Aço, no PNSB, em Paraty (RJ).

Trechos do PAR	Coordenadas de início	Extensão dos trechos (m)	Declividade média em graus	Declividade média em porcentagem	Largura média do leito da trilha (m)
1	23°21'13.43"S, 44°43'38.79"O	61	22	40%	0,6 - 0,95 m
2	23°21'13.60"S, 44°43'40.34"O	80	25	47%	> 0,95 m
3	23°21'14.34"S, 44°43'41.28"O	38	19	34%	0,6 - 0,95 m
4	23°21'34.09"S, 44°43'56.57"O	84	7	12%	0,6 - 0,95 m
5	23°21'37.33"S, 44°43'54.94"O	140	14	25%	0,6 - 0,95 m
6	23°21'43.74"S, 44°43'55.46"O	181	26	48%	> 0,95 m
7	23°21'44.64"S, 44°43'53.33"O	70	27	51%	0,6 - 0,95 m
<b>Total</b>	23°21'13.43"S, 44°43'38.79"O; 23°21'44.64"S, 44°43'53.33"O	654	20	37%	0,6 – 0,95 m

Os valores de declividade foram elevados, somente os trechos quatro e cinco apresentaram valores de declividade média inferiores a 15°. Os trechos seis e sete apresentaram declividade média superior a 25°, fato que pode intensificar os processos erosivos e está em desacordo com o Manual de Construção e Manutenção de Trilhas do Estado de São Paulo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE-SP, 2009). Nesse manual, destaca-se que a maioria das trilhas de uso intensivo deveria ser construída com declividade média de até 15°.

Com relação a análise da largura do leito da trilha, ela mostrou-se aceitável, de acordo com Neiman (2002) em todos os trechos mapeados, isto é, foi superior a 0,6 metro.

A tabela 2 exibe os resultados obtidos através da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida para Trilhas de Montanha. As pontuações finais (total PAR-TM) apontam para a condição da conservação da trilha e ainda refletem o nível de impactos observados ao longo das trilhas PMC e PNC. A partir disso, é possível observar que o trecho um foi considerado ruim, já o quarto trecho foi considerado bom. Os trechos dois, três, cinco, seis e sete foram considerados regulares.

Verifica-se que, de forma geral, o parâmetro que apresentou as menores notas (variando de 1 a 10) foi “presença de áreas para banho”. Como as trilhas não são longas e o objetivo das mesmas é chegar à uma área para banho, a ausência dessas áreas ao longo da trilha não afeta negativamente a experiência do visitante. Já o parâmetro com as melhores notas foi “proteção das bordas pela vegetação” (variando de 10 a 14) indicando elevada conservação da vegetação nos ambientes da trilha.

Outro parâmetro a ser destacado é a declividade, que variou, na maioria dos trechos, entre ruim e regular, corroborando o valor de 37% apresentado na tabela 1, assinalando maior possibilidade de ocorrência de processos erosivos e elevada dificuldade para os usuários. Diversos autores (COSTA, 2006; KROEFF, 2010; RANGEL *et al.* 2015; RANGEL, BOTELHO; 2017) destacam que a declividade é um fator que pode influenciar negativamente na experiência do usuário, quando não há presença de vegetação e instalação de estruturas de manejo adequadas, pois condicionam o fluxo superficial, proporcionando o surgimento de feições erosivas e degraus no leito da trilha.

Tabela 15. Pontuação do PAR-TM aplicado nas trilhas para a para a piscina do Caixa D’Aço, no PNSB, em Paraty (RJ).

Parâmetros		Trechos de aplicação do PAR-TM							Média
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	
1	Largura do leito da trilha	8	14	10	9	10	12	9	10,29
2	Pontos para descanso ou áreas de avistamento	5	5	3	9	10	6	4	6
3	Presença de áreas para banho	6	1	1	10	1	1	1	3
4	Instabilidade de Margens	5	7	8	15	6	6	14	8,71
5	Declividade	3	4	5	13	10	3	2	5,71
6	Canais fluviais	14	7	6	15	10	6	12	10
7	Situação do Piso	2	5	3	9	9	10	8	6,57
8	Obstáculos naturais	3	6	4	9	1	8	7	5,43
9	Estruturas de manejo	4	6	5	8	10	4	5	6
10	Sinuosidade da trilha	5	12	10	11	12	4	7	8,71
11	Proteção das bordas pela vegetação*	10	11	12	11	10	14	12	11,43
12	Impacto Humano	4	9	6	14	7	7	6	7,57
<b>Total PAR-TM**</b>		<b>5,75</b>	<b>7,25</b>	<b>6,08</b>	<b>11,08</b>	<b>8,00</b>	<b>6,75</b>	<b>7,25</b>	<b>7,45</b>

Pontuação: 1 à 5 = Ruim; 6 à 10 = Regular; 11 à 15 = Boa.

\*O parâmetro 11 (proteção das bordas pela vegetação) está representado pela média das observações do talude superior (TS) e talude inferior (TI).

\*\* O Total PAR-TM é representado pela média de todos os parâmetros avaliados.

\*\*\* Os trechos 1 e 3 são referentes à trilha PMC e os trechos de 4 a 7 são referentes à trilha PNC.

\*\*\*\* A última coluna, representa as médias de cada parâmetro em todos os trechos.

Apesar de alguns parâmetros terem apresentados notas muito ruins em vários trechos (declividade, estruturas de manejo, situação do piso, presença de áreas para banho), outros

parâmetros compensaram positivamente as notas dos trechos (proteção das bordas, largura do leito da trilha e impacto humano). Isso implicou em médias, na sua maioria, regulares para o PAR-TM. Situação semelhante foi encontrada por Rangel e Botelho (2017) ao avaliarem qualitativa e quantitativamente a trilha Sahy-Rubião localizada no Parque Estadual Cunhambebe.

A situação do piso, nas duas trilhas, variou entre regular e ruim, sendo observados diversos processos erosivos, como presença de ravinas e afundamento do leito (Figura 33). Em alguns pontos a erosão e afundamento do leito já estão muito evoluídos, sendo possível observar o horizonte C exposto.



Figura 33. Impactos e degradações observadas na trilha PMC. (a) Ravina com acumulação de serapilheira leito da trilha (seta em vermelho) ao lado de estrutura de manejo danificada (destaque em amarelo). (b) Ponto onde os usuários têm dificuldade para se locomover: escada bastante danificada com degraus já erodidos (no detalhe), blocos e raízes expostos (destaque em laranja). Fotos: L. A. Rangel (2015).

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 metro de largura e de profundidade (CHORLEY, 1984; FULLEN; CATT, 2004; GUERRA, 2010).

Além disso, o pisoteio pode degradar ainda mais a situação do piso, influenciando no afundamento do leito e na acumulação de água (Figura 34). Esses dois tipos de impacto foram encontrados nos estudos de Castro (2004), Kabashima (2011), Melatti (2011), Rangel (2014), Rangel e Guerra (2016), Rangel e Botelho (2017) e Jorge (2017). Os autores destacam que esses impactos são provocados por diversos fatores além do escoamento concentrado, como o pisoteio, o desmatamento da borda, a ausência de matéria orgânica, ineficiência na infiltração e compactação dos solos.



Figura 34. Impactos observados na trilha PNC. (a) Erosão acelerada com presença de ravina (em vermelho) e afundamento do leito. (b) Alagamento no leito (em vermelho) e presença de blocos rochosos. Fotos: L. A. Rangel (2015).

Outo impacto que influencia negativamente na situação do piso é a erosão da borda, ou seja, o estreitamento do leito da trilha (Figura 35). Costa (2006) destaca que a diminuição do tamanho do leito da trilha pode ocasionar acidentes, como a queda de visitantes e a falta de contenções gera risco. Além disso, a autora detectou desmoronamentos na borda da trilha do Rio Grande, no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ). Já Rangel (2014) destacou o alto impacto que esses desmoronamentos podem causar, como por exemplo, a perda de borda crítica de uma trilha na Reserva Ecológica da Juatinga (RJ) e Rangel (2016) também observou o estreitamento do leito de uma trilha no Parque Estadual Cunhambebe.

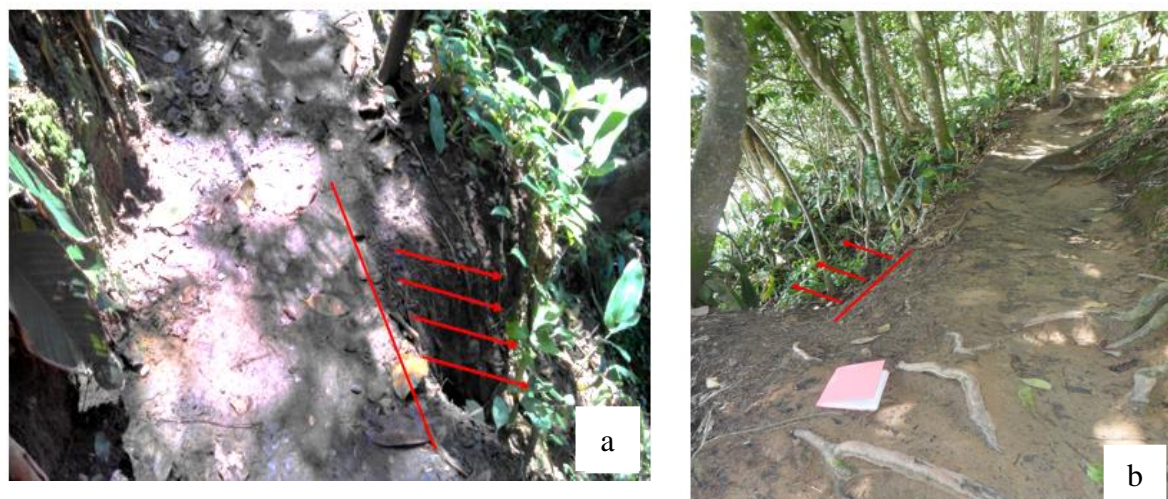


Figura 35. Exemplos de perda de borda inferior e estreitamento do leito nas trilhas PMC (a) e PNC (b). Fotos: L. A. Rangel (2016).

Costa (2006) ao analisar as trilhas do Parque Estadual da Pedra Branca, no Rio de Janeiro, encontrou situação semelhante em alguns pontos de floresta ombrófila e realizou intervenções de manejo, como instalação de canaletas de drenagem, a fim de reduzir o impacto da velocidade da água no piso e, conseqüentemente, o aumento dos processos erosivos, e facilitar a locomoção dos visitantes.

Jorge (2017) ao estudar diversas trilhas no sul do município de Ubatuba (SP) também identificou deslizamentos nas bordas das trilhas e alertou para o risco que essas erosões representam para os usuários. Além disso, destacou que a criação de atalhos – como os encontrados nas trilhas do litoral do PNSB – também pode ser ocasionada a partir da erosão da borda da trilha.

A declividade também apresentou índices ruins em 5 dos 7 trechos analisados (1 a 3 – trilha PMC – e 6 e 7 – trilha PNC). Esta situação dificulta a experiência do visitante – principalmente com ausência, ou degradação das estruturas de manejo – e aumenta a possibilidade da ocorrência de feições erosivas no leito da trilha, devido ao escoamento superficial acelerado (Figura 36).



Figura 36. Exemplo de trecho com elevada declividade na trilha PMC. Foto: L. A. Rangel (2015).

Kroeff (2010) observou, analisando as trilhas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, que trechos de trilha com declividades acima de  $10^\circ$  tendem a ter tanto erosão em ravinas, como degraus no leito da trilha. Ademais, a construção de degraus, na tentativa de reduzir a declividade e facilitar o acesso – como observado na figura 36 - pode ocasionar outros impactos como: aumento da deposição dos sedimentos nas bases dos degraus, aumento da compactação e afundamento do leito.

A presença de estruturas de manejo (degraus, guarda-corpo e escadas) e de obstáculos naturais também apresentaram notas entre regular e ruim, variando entre 1 e 10. As trilhas possuem estruturas de manejo em alguns pontos, porém, estão muito degradadas e, portanto, são ineficientes para auxiliar o visitante (Figura 37).



Figura 37. Exemplo de estruturas de manejo degradadas (destaque em vermelho e branco) e pontos de alagamento (em amarelo) na trilha PNC. Fotos: L. A. Rangel (2015).

Além disso, obstáculos como raízes, blocos rochosos e pontos de alagamento também são constantes (Figura 38).

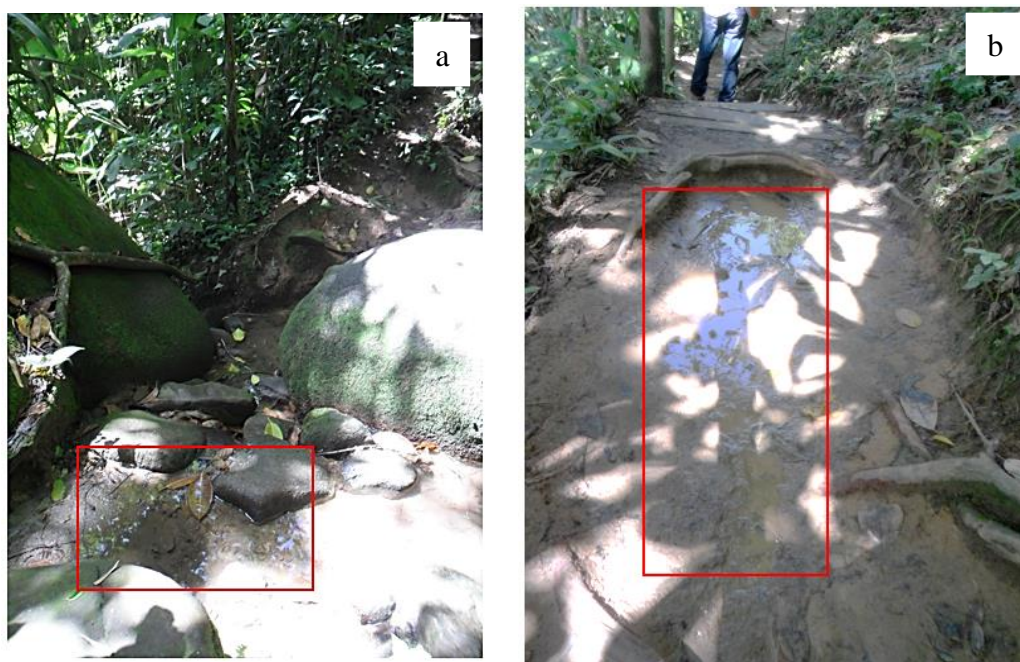


Figura 38. Pontos de alagamento (em vermelho). (a) Presença de blocos rochosos de tamanho superior a 1 metro de altura na trilha PNC; (b) Presença de raízes no leito da trilha PNC. Fotos: L. A. Rangel (2015).



Ademais, os impactos humanos como a presença de lixo e pichações são recorrentes, impactando negativamente no ecossistema e na experiência do visitante (Figura 39). Diversos autores (COSTA, 2006; KROEFF, 2010; RANGEL, 2014; RANGEL; BOTELHO, 2017) destacam que a presença de lixo é comum em ambientes de trilha.



Figura 39. Exemplo de lixo deixado na área de borda e nas trilhas PMC e PNC. Fotos: L. A. Rangel (2016).

Todos esses aspectos supracitados, permitem melhor análise da qualidade ambiental da trilha e melhor experiência do usuário, se associados às análises químicas e físicas do solo. Neste sentido, novas abordagens, atualizações e incorporação de novos parâmetros são essenciais para a melhoria do PAR-TM e para auxiliar a implementação, gestão e manejo de trilhas.

## CAPÍTULO 6 POTENCIAL GEOTURÍSTICO

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir de observações realizadas em campo. Foi realizado o inventário da Piscina natural Caixa D’Aço, foram avaliados o potencial da atividade geoturística na área como alternativa ao turismo de massa e os impactos do uso público; comparou-se as ações propostas no plano de manejo e já realizadas pelos gestores do PNSB em Trindade; e, discutiu-se as alterações na paisagem e no uso do solo.

### 6.1 Potencial do geoturismo na vila de Trindade

O potencial geoturístico foi avaliado a partir das metodologias propostas por Gray (2004), Moreira (2008), Pereira (2010) e Pereira *et al.* (2016). No quadro 12 são apresentados os potenciais da atividade geoturística e a valoração da geodiversidade para a Vila de Trindade, seguindo as proposições de Gray (2004), nas quais são adotados os valores: intrínseco, cultural, estético, econômico e funcional. Optou-se por realizar a avaliação qualitativa para toda a vila de Trindade, dentro dos limites e na zona de amortecimento do Parque, pois, entende-se que a compartimentação e exclusão das situações observadas na zona de amortecimento, são essenciais para compreender e embasar o desenvolvimento do geoturismo dentro do PNSB.

Quadro 12. Avaliação qualitativa da geodiversidade na vila de Trindade (dentro e fora dos limites do PNSB) a partir da metodologia de Gray (2004).

<b>Tipos de valor</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Descrição</b>
<b>I – Valor intrínseco</b>		Meio abiótico livre de avaliação
<b>II – Valor cultural</b>	Sentido de lugar	A VT possui uma comunidade caiçara com identidade, hábitos e costumes próprios. Sentimento de pertencimento.
	Espiritual/Religioso	Lendas, costumes e hábitos caiçaras representam a conexão espiritual da população tradicional com o lugar.
	Histórico	Existem muitas lendas sobre a VT e a importância histórica se dá por ter sido

		habitada por índios, portugueses, possíveis piratas. Hoje a história é marcada pela cultura tradicional caiçara e pelos movimentos de luta para se manter no território.
<b>III – Valor estético</b>	Paisagens	As paisagens de beleza cênica significativa, as praias, cachoeiras, rios, e a piscina natural, são os destinos mais procurados por turistas ao longo do ano, principalmente no verão.
	Atividades de lazer	O ecoturismo e o turismo de aventura são atividades potenciais para ser desenvolvido nas trilhas
	Geoturismo	Apesar do apelo turístico estar associado principalmente à formação geomorfológica e geológica da piscina natural Caixa D’Aço, das cachoeiras da Pedra que Engole e do afloramento rochoso Cabeça do Índio, não há incentivo ou propostas de gestão para o geoturismo
	Apreciação à distância	Algumas feições geológicas e geomorfológicas da área são contempladas pelos visitantes, como o afloramento rochoso “Cabeça de índio”. É possível acessar o afloramento através de uma trilha que não possui trajeto reconhecido e implementado pelo Parque.
<b>IV – Valor econômico</b>	Solos	Os solos possuíam, antes da instalação do PNSB, valor econômico para a

		população caiçara, visto que, realizavam plantio de alimentos para subsistência. Atualmente, é motivo de disputa entre a população local e uma empresa turística multinacional que tenta explorar as terras.
	Rochas	A ocorrência de granitos isotrópicos tipo charnoquitos, principalmente o denominado “Verde Ubatuba” devem ser destacadas pelo seu valor comercial e ornamental.
<b>V – Valor funcional</b>	Funções do solo	Construção de pousadas, campings e restaurantes (às vezes de forma desordenada) são as atividades mais comuns
	Química da água	A VT possui diversas nascentes e o recurso hídrico abastece a própria vila. Necessitando de especial interesse, pois VT não possui sistema de saneamento adequado (grande parte dos efluentes são lançados em córregos e no mar).
	Funções do geossistema	Elevada importância da área para manutenção da biodiversidade característica da Mata Atlântica e da geodiversidade característica da Serra do Mar. Na área, a Serra do Mar possui, efetivamente, maior proximidade com o mar. O mosaico de UCs <sup>6</sup>

<sup>6</sup> A região abarca o Mosaico de Unidades de Conservação da Região da Serra da Bocaina, criado em 2006, que engloba o Parque Nacional da Serra da Bocaina, Estação Ecológica de Tamoios, Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Área de Proteção Ambiental de Tamoios, Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Parque Estadual Marinho do Aventureiro, Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleos – Picingüaba, Cunha e Santa Virgínia), Parque

		existente na área é fundamental para conservação do ambiente natural e conexões com outros ambientes.
	Funções do ecossistema	Área de Mata Atlântica com papel essencial para manutenção de diferentes ecossistemas, permitindo conexão através de corredor ecológico com outras Unidades de Conservação.
<b>VI – Valor científico</b>	História da Terra	A área apresenta presença de zonas de cisalhamento e falhas que conferem características como o encaixamento de determinados rios da região da Costa Verde. Além disso, o sub-gráben de Paraty está associado ao rifte litorâneo, compondo o gráben da Guanabara.
	Monitoramento ambiental	As análises da qualidade dos solos, da diversidade de espécies de fauna e flora, do impacto do uso público e a influência da atividade turística no ambiente natural, são realizadas.
	Educação e formação dos professores	A VT recebe pesquisadores de diversas áreas e trabalhos de campo educacionais, principalmente voltados para o conhecimento da cultura caiçara local e entendimento dos conflitos pelo uso da terra e manutenção da tradição local.

	Pesquisa científica	A área da VT vem sendo estudada por diversos pesquisadores devido aos inúmeros conflitos entre a população tradicional caiçara, a gestão do PNSB e a especulação imobiliária local. Os estudos sobre a Piscina Natural Caixa D'Aço são, em sua maioria, sobre aspectos turísticos e biológicos da área.
--	---------------------	---

Dentre os aspectos e valores citados no quadro, merecem destaque o valor estético, pela beleza cênica da biodiversidade e geodiversidade local (Figura 40) e o valor econômico das rochas, associado à presença do granito verde Ubatuba que possui elevado valor comercial e ornamental.





Figura 40. Exemplos de pontos de interesse geológicos e de beleza cênica na vila de Trindade. (a) Praia do Meio no detalhe (em vermelho) os blocos que formam a piscina natural Caixa D’Aço. (b) Sítio de geodiversidade na Praia Caixa D’Aço. Fotos: L. A. Rangel (2015).

Outro ponto a ser destacado é o elevado valor cultural, pela importância da tradição e cultura caiçara existente em Trindade. O rancho caiçara foi reformado pela gestão do PNSB, em 2013, e está sendo construída, pela comunidade local, a Escola do Mar, uma casa de farinha que será utilizada para divulgação das tradições caiçaras. (Figura 41).

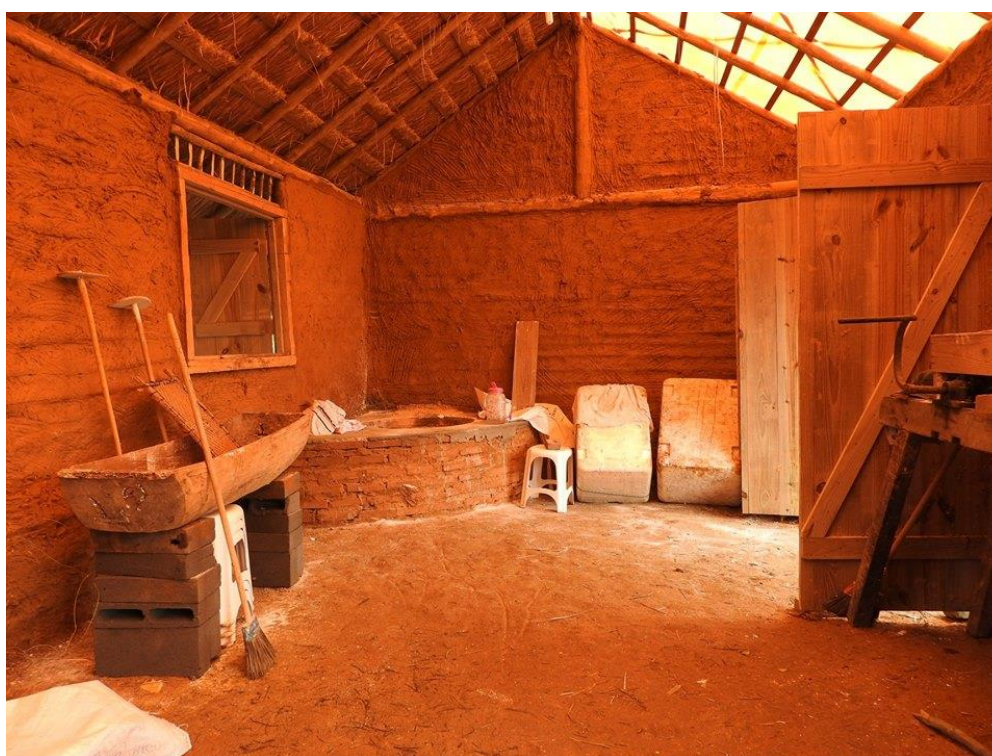


Figura 41. Escola do Mar e casa de farinha caiçara em Trindade. Local será utilizado para divulgação da cultura caiçara e ações educativas. Fonte: Reprodução Associação de Moradores de Trindade (AMOT) (2018).



## 6.2 Inventário do sítio de geodiversidade

A Piscina natural do Caixa D'Aço é um sítio da geodiversidade, que segundo Brilha (2016) é um local delimitado geograficamente que possui valor pedagógico, cultural e/ou turístico, sendo, portanto, um objeto de geoconservação (Figura 42).

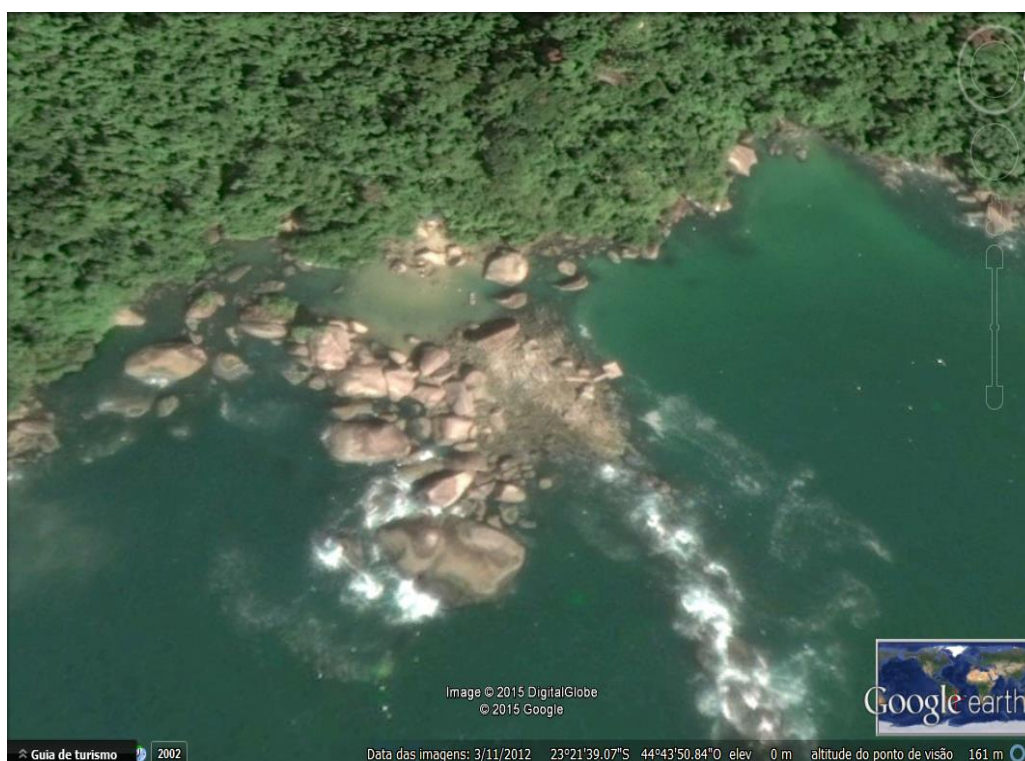


Figura 42. Visão aérea da Piscina Natural Caixa D'Aço. Imagem: Digital *Globe* (2015). Fonte: Google Earth.

O acesso à piscina só é possível através da utilização de barcos que saem da Praia do Meio ou pela trilha. Apesar do grande fluxo de visitantes, não há nenhum tipo de ação que possibilite aos usuários compreender aspectos da sua geomorfologia e geologia (Figura 43).



Figura 43. Piscina Natural vista do final da trilha. Foto: L. A. Rangel (2014).

Por apresentar variada fauna marinha é extremamente frágil e sensível a impactos ambientais; é uma área onde ocorre reprodução de espécies de peixes e possui grande relevância para manutenção do ecossistema marinho local. Além disso, por estar situada em área de costão rochoso é uma Área de Preservação Permanente (APP), aumentando ainda mais seu valor ambiental.

A gestão do PNSB vem buscando limitar a visitação, visto que, foi realizado um estudo de controle da capacidade de suporte, após eventos extremos em feriados, quando a piscina chegou a receber mais de 300 visitantes ao mesmo tempo. A limitação do número de visitantes, ainda está em fase de teste, mas deverá ocorrer tanto para o acesso por barco, quanto para a utilização das trilhas (ICMBIO, 2014). Segundo o ICMBio (2014), o limite que, anteriormente, era de 80 pessoas e passou para 59, visa: “(...) *reduzir os impactos ambientais da visitação, garantindo que espécies da fauna e flora marinha continuem existindo no interior do atrativo; e também ajudará a proporcionar ao visitante uma experiência agradável e mais similar ao ambiente natural possível*”.

No quadro 13 estão relacionados aspectos que vão facilitar a compreensão e o desenvolvimento da atividade geoturística na Piscina Natural Caixa D’Aço de acordo com as proposições de Moreira (2008) e Pereira (2010).

Quadro 13. Características para análise do potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D'Aço.

<b>Características para análise do potencial geoturístico da Piscina Natural Caixa D'Aço</b>	
<b>Localização e delimitação geográfica</b>	Na vila de Trindade, município de Paraty, litoral do PNSB. Coordenadas: 23°21'44.69"S; 44°43'52.92"O
<b>Identificação do domínio</b>	Público (Parque Nacional da Serra da Bocaina)
<b>Contexto geológico e geomorfológico</b>	<p>Estrutura geológica de xistos da Sequência Metavulcânica-Sedimentar, granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico Granitóide e charnoquitos do Complexo de Alto Grau, de idade proterozóica. Há também a presença de zonas de cisalhamento e falhas.</p> <p>Domínio geomorfológico da Serra do Mar dividido em duas unidades morfológicas: o Planalto Cristalino Atlântico e o Vale do Paraíba do Sul. O relevo é caracterizado por declividades superiores a 27°, anfiteatros com interflúvios de topos angulosos, vertentes de perfis retilíneos; drenagem de alta densidade com padrão dendrítico e vales.</p>
<b>Geodiversidade e descrição do ponto</b>	<p>Complexo de alto grau, onde a estrutura geológica é composta por uma associação de charnoquitos equigranulares a porfiríticos de coloração esverdeada, isotrópico, granulação média a grossa, gnaisses de fácies anfibolíticas, quartzo dioritos e quartzo mangeritos. O granito, conhecido como "Verde Ubatuba" possui valor econômico, mas não pode ser comercializado.</p> <p>A piscina é composta por blocos rochosos de diferentes tamanhos depositados de forma mais ou menos arredondada que impede a entrada de ondas e permite, na maré baixa, visibilidade da fauna marinha. Além disso, os efeitos do intemperismo químico e biológico são visíveis nas rochas.</p>
<b>Grau de importância ou raridade</b>	Importância a nível regional (região da Costa Verde).
<b>Tipos de interesses: científico, educativo, cultural e geoturístico</b>	Interesse educativo, cultural e geoturístico.
<b>Ramos das geociências que possuem relação com o local</b>	Geomorfologia, Geografia e Geologia

<b>Existência na região de outros valores (paisagísticos, históricos, etnográficos)</b>	Valores paisagísticos, históricos e culturais.
<b>Possibilidade do desenvolvimento de atividades socioeconômicas</b>	Atividades pesqueira, guiamento de trilhas e transporte de barcos – que atracam no píer do lado de fora da piscina natural - já são realizadas pela comunidade local.
<b>Aptidão para a utilização em atividades educativas, culturais, promocionais e turísticas</b>	A atividade turística já é desenvolvida de forma intensa. Há possibilidade de utilização em atividades culturais e educativas.
<b>Existência de legislação específica de proteção do patrimônio geológico</b>	Inexistente
<b>Existência de centros interpretativos, sinalização e meios interpretativos</b>	Inexistente
<b>Incentivo à divulgação e o aprendizado relacionado aos aspectos do patrimônio geológico-geomorfológico</b>	Inexistente
<b>Existência de material impresso promocional para ser utilizado em atividades interpretativas e de divulgação</b>	Somente para o desenvolvimento da atividade turística com enfoque na biodiversidade.
<b>Recomendações para a adequada gestão, conservação e utilização</b>	<p>O monitoramento da qualidade da PNC já vem sem realizado e existe tentativa de limitar o número de visitantes, ao mesmo tempo, e coibir atividades de venda na área da piscina (Figura 20). Porém não existe nenhum tipo de incentivo e divulgação do patrimônio geológico e geomorfológico. Há necessidade de instalação de um painel interpretativo que contemple essas informações.</p> <p>A entrada de barcos na piscina para fazer o transporte de turistas deve ser coibida, visto que, prejudica a fauna e flora, impacta na conservação local e acarreta risco para os visitantes.</p>

Não existe nenhum tipo de infraestrutura adequada para visitantes na piscina natural, apenas um pequeno píer externo para evitar que os barcos que transportam visitantes entrem na PNC. Porém, em épocas de grande fluxo (verão e feriados) os barcos entram no local para buscar turistas. Uma estrutura improvisada para a venda de bebidas permanece sem autorização

da gestão do PNSB e as normas e determinações apresentadas nas placas de advertência nem sempre são seguidas (Figura 44).



Figura 44. (a) Folheto informativo do PNSB avisando sobre o limite do número de visitantes. Fonte: ICMBIO (2014). (b) Atividade de venda de bebidas irregular na PNC. Fotos: Stella Peres Mendes (2014). (c) Placa de recomendações e normas na Piscina Natural. Foto: L. A. Rangel (2016). (d) Barco dentro da PNC colocando em risco os visitantes e impactando negativamente no ecossistema. Fotos: L. A. Rangel (2014).

A avaliação dos valores da geodiversidade a partir do valor intrínseco, valor cultural, valor estético, valor econômico, valor funcional e valor científico/educativo, de acordo com Gray (2004), está apresentada no quadro a seguir (Quadro 14).

Quadro 14. Valores da Geodiversidade da Piscina Natural Caixa D’Aço – Vila de Trindade

<b>Valores da Geodiversidade da Piscina Natural Caixa D’Aço – Vila de Trindade (Paraty)</b>					
Intrínseco	Cultural	Estético	Econômico*	Funcional	Científico/Didático
A	A	A	A	M	M

Observação: A – Alto; M – Médio; B – Baixo; I – Inexistente.

\*Valor econômico relativo ao uso turístico atual.

De acordo com os dados sintetizados no quadro 14, percebe-se que a PNC possui alto valor intrínseco e estético, fato esse que já é comprovado, visto que, se configura como principal atrativo turístico da Vila de Trindade, pelo grande apelo ao turismo “sol e mar”, pela sua beleza cênica e pela importância que possui para a comunidade local (não só como estímulo econômico devido à atividade turística, mas também, pela importância ecossistêmica para atividade pesqueira). Além disso, a grande quantidade de visitantes - chegando a receber mais de 10.000 pessoas nos quatro dias do Carnaval de 2017 (ICMBIO, 2017; RANGEL; *et al.*, 2017; LOUREIRO *et al.*, 2017) – corrobora o alto valor intrínseco e estético.

Santos (2012) encontrou em seus estudos sobre a valoração da geodiversidade no município de Bonito (PE), elevado valor estético e intrínseco em elementos da geodiversidade associados a corpos hídricos. Rangel *et al.* (2017) ao avaliarem o potencial geoturístico no Parque Estadual Cunhambebe (RJ) também destacaram o potencial de elementos associados aos corpos hídricos, como cachoeiras, cânions e poços para banho.

O valor econômico foi considerado alto, pois, a importância atual da área, incluindo transporte de barco para a PNC, possíveis guiamentos (atividade de guia realizada pela comunidade local), e outras atividades econômicas instaladas em função do atrativo geoturístico é a base da economia local (Figura 45).

A funcionalidade foi estimada considerando a importância da PNC para a manutenção do ecossistema local e para a atividade pesqueira desenvolvida na área. Ela foi valorada como mediana, pois, é um ambiente muito sensível a alterações, porém, a pesca não é desenvolvida na área de abrangência do Parque, mas sim, na zona de amortecimentos. Não é desenvolvida

qualquer atividade regulamentada na piscina natural, porém, a prática de *snorkel* é comum entre os turistas.



Figura 45. Elementos da geodiversidade presentes na piscina natural Caixa D'Aço. Foto: L. A. Rangel (2016).

O valor cultural foi considerado alto, pois, de acordo com relatos de Lhotte (1982) e MMA (2002) os caiçaras costumavam guardar as canoas na piscina natural quando não conseguiam chegar à praia. Além disso, a piscina está diretamente associada à cultura caiçara através da pesca. Logo, apresenta importância histórico-cultural.

Já os valores científicos e didáticos são de grande relevância para justificar a atividade geoturística e a necessidade de geoconservação da área. Estão baseados na presença de evidências geológico-geomorfológicas que sirvam como base para pesquisas científicas, aulas de campo e divulgação das Geociências. Apesar de não ser considerada um geossítio, por não possuir elevado valor científico de acordo com a classificação de Brilha (2016), possui médio valor didático, pois, há possibilidade de observação de processos relacionados ao intemperismo químico, como a esfoliação esferoidal (Figura 46); e de processos associados à dinâmica climática em tempo geológico, exemplificados pela deposição dos blocos que formam a piscina.



Figura 46. Exemplo do potencial didático da PNCA - processos de intemperismo químico, como a esfoliação esferoidal (destaque em vermelho) e fraturas nas rochas. Fotos: L. A. Rangel (2016).

Analisando a piscina de acordo com os serviços ecossistêmicos da geodiversidade propostos por Gray (2013), foi possível valorar os aspectos apresentados no quadro 15.

Quadro 15. Valoração do sítio de geodiversidade da piscina natural Caixa D'Aço a partir dos serviços ecossistêmicos

Serviços Ecossistêmicos	Atributos avaliados	Valoração da importância do sítio de geodiversidade para os atributos
Serviços de regulação	Importância dos recursos hídricos locais para abastecimento da área. A Piscina Caixa D'Aço é importante para qualidade da água do mar e reprodução de espécies marinhas de grande fragilidade.	Alto
Serviços de suporte	A piscina é habitat de diferentes espécies de fauna marinha, bem como, possui espécies de flora litorânea típicas de Mata Atlântica.	Médio
Serviços de provisionamento	Por estar inserida em uma Unidade de Conservação de proteção integral – que prevê a conservação da natureza - não ocorre nenhum	Inexistente



	tipo de extração de minerais ou produtos na piscina.	
Serviços culturais	A piscina possui elevada importância para qualidade ambiental local; grande potencial para atividade geoturística, ecoturística, de lazer e de práticas de educação ambiental. Para a comunidade local, representa potencialidade de desenvolvimento social; está atrelada a aspectos culturais e espirituais da população caiçara, por ser relevante para manutenção da atividade pesqueira.	Alto
Serviços de conhecimento	É um sítio importante para monitoramento ambiental, pois recebe grande número de visitantes e necessita de acompanhamento dos impactos que ocorrem. Representa, para comunidade local, importante fonte de empregos (através do guiamento nas trilhas e no transporte de barco que permitem acesso à piscina). Pode ser utilizada para trabalhos de pesquisa em campo devido aspectos geomorfológicos e geológicos, como a ocorrência de processos de intemperismo, esfoliação esferoidal, fratura em blocos rochosos. Evidencia processos ocorridos em tempos geológicos pretéritos através do transporte e queda de blocos de tamanho superior a 3 metros de altura, indicando ambiente de elevada energia. Potencial para atividades de Educação Ambiental com turistas e membros da comunidade.	Alto

Apesar da relevância didática e para o desenvolvimento de pesquisas, existem poucos trabalhos sobre a Vila de Trindade, sendo a maioria relacionados aos conflitos entre a gestão do Parque e a população Caiçara residente (CONTI, 2011; CONTI; IRVING; CORREA, 2011;

CONTI; ANTUNES, 2012; CONTI; IRVING, 2014; MORAES, 2014; SANTOS; 2016). Fica evidente a necessidade da realização de mais pesquisas relacionadas ao geoturismo e à relevância geológica-geomorfológica não só da Piscina Natural Caixa D’Aço, mas também, de outras feições localizadas no litoral no Parque, como a cachoeira do Pontal e o afloramento rochoso Cabeça do Índio (Figura 47).

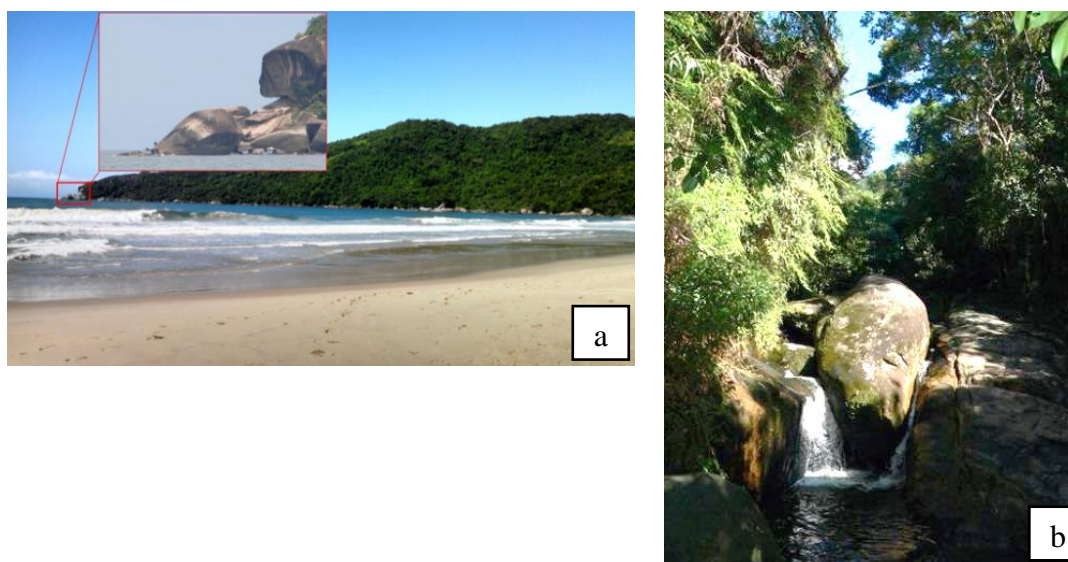


Figura 47. Feições de geodiversidade presentes na Vila de Trindade. (a) Vista da Cabeça do Índio (no detalhe) a partir da Praia da Caixa D’Aço. Fotos: (a) Álvaro B.S. Jr. (2010) e (b) L. A. Rangel (2016). (b) Cachoeira do Pontal Poço Fundo, na Vila de Trindade, Paraty (RJ). Foto: L. A. Rangel, 2016.

### 6.3 Impactos do uso público

Vallejo (2013) destaca que de todas as categorias do SNUC, os parques públicos são os que mais sofrem com o uso público. No litoral do PNSB é possível observar o desenvolvimento do uso público de forma desordenada, principalmente em épocas de grande fluxo de visitantes (verão e feriados prolongados). A seguir são analisadas alguns desses impactos do uso público na UC, destacando quais as propostas, apresentadas no plano de manejo, para o desenvolvimento da Vila de Trindade; quais ações já foram realizadas pelos gestores do Parque e quais as alterações observadas na paisagem e no uso do solo.

#### **6.3.1 Ações propostas para a Vila de Trindade**

A vila de Trindade, é, uma Zona de Uso Intensivo, de acordo com o plano de manejo do PNSB. Portanto, diversas ações foram propostas, pelos gestores do Parque, para ordenamento

das atividades desenvolvidas na área. Para a gestão da UC, Trindade é uma das áreas que mais tem exigido a atenção devido a visibilidade elevada, os conflitos para demarcação da UC e presença de moradores no interior do Parque. De acordo com Conti e Antunes (2012) os gestores do Parque consideram que a população de Trindade possui duas posições antagônicas com relação à implementação da UC. Enquanto parte dos moradores aceita a presença do PNSB, pois entende que a conservação e o ordenamento do turismo vão ocorrer com a presença da UC; outro grupo repudia às ações da gestão, devido ao processo histórico violento de luta pela posse das terras pelo qual a comunidade passou.

A comunidade solicita o direito de autogerenciar suas atividades, pois os moradores se consideram fundamentais para a conservação de Trindade (MMA, 2002). Para a comunidade, o turismo desordenado e descontrolado causa problemas sérios de degradação dos ambientes naturais. Os moradores apresentam também uma preocupação com o saneamento básico, pois, até hoje, não existe saneamento básico na vila. Diante disso, no plano de manejo, parte da comunidade de Trindade sugeriu que fossem realizados projetos de ordenamento do fluxo turístico nas trilhas e para acesso à vila, coleta seletiva de lixo e também um trabalho de educação ambiental junto aos turistas (MMA, 2002).

Já para a gestão do Parque, a praia Caixa D'Aço, localizada em Trindade, seria uma área de ação específica, para a qual está sendo realizado um relatório de monitoria e de atualização do plano de manejo (Figura 48).



Figura 48. Mapa da Zona de Uso Intensivo – segmento Trindade. Fonte: MMA (2002).

Diversas ações e normas foram propostas para a área, porém, até agora, poucas foram devidamente implementadas. A seguir são destacadas algumas dessas propostas do plano de manejo (MMA, 2002, p.5.185):

- Deverão ser, urgentemente, desapropriados os moradores e retirados aqueles que se estabeleceram ilegalmente na área.
- Deverá ser, urgentemente, implementada sinalização que mostre os limites do Parque nessa região.
- Deverá ser solicitada ao corpo de bombeiros a presença de um salva-vidas, bem como o controle dos barcos que fazem a travessia do começo da Praia de Trindade à Ponta do Caixa de Aço.
- Instalação de sinalização nas trilhas de acesso à Piscina do Caixa de Aço, Cabeça de Índio, Cachoeira Que Engole e Trilha do Camburi, como área do PNSB e APA Cairuçu.

- Elaborar um estudo específico sobre a viabilidade da construção do Portal Praia de Trindade;
- Elaborar um estudo específico sobre a viabilidade da construção Centro de Visitantes;
- Elaborar estudo de viabilidade para a implantação da área de recreação Praia Caixa D’Aço;
- Elaborar estudo de viabilidade para a implantação da trilha Costão do Camburi;
- Elaborar estudo de viabilidade para a implantação da trilha Rochedo Cabeça de Índio;
- Elaborar estudo de viabilidade para a implantação de acampamento;
- Elaborar estudo de viabilidade para a implantação de uma lanchonete nas imediações da área de acampamento;
- Implementar a Casa do Pesquisador.

Apesar de todas essas propostas, hoje, após, 16 anos de publicação do plano de manejo, poucas ações foram realizadas. Somente foram instaladas placas de sinalização para as trilhas que permitem acesso à cachoeira Pedra que Engole, à praia e piscina Caixa D’Aço e foram desapropriados bares e quiosques na praia do Meio. As outras ações, que seriam benéficas para a comunidade local, para os visitantes e pesquisadores e para a conservação do ambiente natural, não foram realizadas.

Atualmente, diversas ações de educação ambiental e de valorização da comunidade caiçara são realizadas pela Associação de Moradores de Trindade (AMOT), como instalação de lixeiras recicláveis e mutirões para coleta de lixo; festas de incentivo à cultura local e outras ações para conscientização do turista. Sobre as festas realizadas pela comunidade local, Santos (2016, p. 74) destaca que: “(...) o Fórum de Comunidades Tradicionais de Paraty organizou o Festejo Caiçara, na tentativa de valorização da cultura tradicional caiçara, o que é visto pelos representantes das associações como o meio para se reivindicar o reconhecimento do território e se manter no local”.

### **6.3.2 Alterações na paisagem e no uso do solo**

Conforme supracitado, os conflitos observados em Trindade são inúmeros. Diante disso, foram analisados os impactos do uso público na área do Parque, destacando os impactos nas trilhas e na praia do Meio.

A seguir são apresentadas as análises dos resultados das observações feitas nas trilhas PMC e PNC. Além dessas duas trilhas, existe a trilha para a Cachoeira do Pontal, de

aproximadamente 600 metros, que leva até a cachoeira do Pontal e a um atrativo chamado “Pedra que Engole”. No folheto distribuído pelo Parque (Figura 49), é possível observar algumas informações sobre as trilhas, porém, verificou-se em campo que as distâncias apresentadas não são muito precisas.



Figura 49. Folheto distribuído pelo Parque Nacional da Serra da Bocaina com informações para os turistas. Fonte: ICMBIO (2014).

Loureiro *et al.* (2017) destacam que a praia do Meio sofreu com intensas intervenções da gestão do Parque, pois, com a expansão do turismo em Trindade, a instalação de bares e quiosque aumentou significativamente desde 2003 e, com a tentativa de ordenamento e as restrições de ocupação no interior dos limites da UC, as ações de remoções se intensificaram a partir de 2010, permitindo a presença, apenas dos caiçaras (Figura 50).



Figura 50. Evolução da ocupação na praia do Meio em Trindade. (a) Quiosque e bares (vermelho) e ancoradouro de barcos (amarelo) em 2003. (b) Expansão de quiosques e bares (vermelho) em 2010. (c) Quiosques e bares removidos pelo Parque (vermelho) e manutenção do ancoradouro (amarelo) em 2015. Fonte: Loureiro, Rangel e Guerra (2017).

Sobre o processo conflituoso de desapropriação de bares na praia do Meio, ocorrido em 2015, Santos (2016) destaca que o processo teve início em 2013, quando os bares foram interditados por ordem judicial. A autora relata a situação de abandono da praia do Meio, sem condições de receber os turistas, evidenciada por fotografias (Figura 51):

Num segundo trabalho de campo, em janeiro de 2014, seis meses após as ações do PNSB, foi possível observar uma diferença na Praia do Meio, além de um aparente abandono da praia, tanto por parte dos turistas, como por parte dos vendedores, em função do fechamento dos quiosques e dos estacionamentos. Notou-se que essa situação gerou mais revolta e mobilização na população, principalmente em função da situação que se encontra a Praia do Meio, sem investimentos em recursos ou infraestrutura para visitação, e também em função da falta de alternativas para obtenção de renda (SANTOS, 2016, p. 72).



Figura 51. Abandono da praia do Meio em outubro de 2014. (a) Falta de estrutura para receber turistas, banheiros danificados e contêiner do Corpo de Bombeiros. (b) lixo acumulado na praia.

Em 2015, após decisão judicial os bares foram removidos e com a ausência de fiscalização da gestão do Parque, a praia do Meio sofre, atualmente, com a presença de ambulantes irregulares, excesso de visitantes, acúmulo de lixo e desordenamento, principalmente em época de férias e feriados (Figura 52).





Figura 52. a) Vista de Praia do Meio em abril de 2015, quando ainda havia um contêiner do Corpo de Bombeiros que abrigava guarda-vidas (esse contêiner foi retirado em 2016). (b) Concentração de pessoas, barracas e ambulantes na praia do Meio em janeiro de 2017. Fotos: L. A. Rangel (2015 e 2017).

Com relação ao uso público e às transformações do uso do solo fica evidente os conflitos entre os gestores do Parque e a comunidade local, a ausência de participação da comunidade caíra nas decisões tomadas pelos gestores da UC é um fato preocupante. Jorge (2017) encontrou situação semelhante ao analisar o desenvolvimento do geoturismo em UCs de Ubatuba. A autora destaca que:

(...) o planejamento em locais inseridos em UC's, a princípio, é facilitado, pelos mecanismos de apoio e leis que promovem a conservação dos seus recursos; porém, à medida que não estabelece metas de inclusão da comunidade local, perde o seu propósito. A inserção da comunidade local em projetos que envolvam benefícios a sua qualidade de vida, bem-estar social e ambiental, ainda se apresenta como uma realidade distante para a área de estudo (JORGE, 2017, p. 195).

Com relação ao acesso às trilhas, a primeira situação conflitante encontrada pelos usuários ocorre quando o nível do córrego situado na praia do Meio está elevado, em caso de maré cheia, as pessoas têm muita dificuldade em acessar as trilhas (Figura 53). Como agravante, no córrego é despejado parte do esgoto doméstico da Vila de Trindade, o que representa riscos para saúde do turista. Esse fato evidencia a necessidade da instalação de uma estrutura de manejo - uma travessia elevada, por exemplo - com urgência e investimento em saneamento básico na vila.



Figura 53.(a) Pessoas se arriscando, na maré alta, para tentar acessar a trilha para a Praia Caixa D'Aço. Foto: L. A. Rangel (2015). (b) Espuma branca e esgoto aparente no córrego em dia de maré alta em junho de 2017. Foto: L. A. Rangel (2017).

A depredação e retirada constante de placas de sinalização instaladas pelo PNSB também evidencia um conflito entre moradores da Vila de Trindade (que resistem à determinadas medidas impostas pelo Parque), turistas e a gestão da Unidade de Conservação (Figura 54).



Figura 54. Exemplos de depredação e retirada de placas de aviso instaladas pela gestão do PNSB. Fotos: L. A. Rangel (2015).

Outra situação evidenciada durante o período da pesquisa, foi o acúmulo de lixo em uma construção improvisada na piscina natural. Essa estrutura serve para venda de bebidas durante

épocas de maior fluxo de turistas. Porém, o lixo fica acumulado poluindo o ambiente e podendo atrair animais (Figura 55).



Figura 55. Outubro de 2016 - Estrutura improvisada para venda de bebidas na piscina natural Caixa D'Áço. No detalhe: acúmulo de lixo e placa, instalada pelo PNSB, destruída. Foto: L. A. Rangel (2016).

Em outubro de 2017 foi constatado que a cobertura da construção havia sido retirada, permanecendo somente a base. Porém o acúmulo de lixo continuava ocorrendo (Figura 56).



Figura 56. Setembro de 2017 - Retirada da cobertura da construção e acúmulo de lixo (destaque em vermelho). Foto: L. A. Rangel (2017).

Entende-se, portanto, que o uso público traz benefícios para a Unidade de Conservação, conferindo visibilidade e reconhecimento da importância do ambiente natural, mas também, existem impactos negativos associados, que podem reduzir a qualidade do ambiente e impactar o próprio uso, isto ocorre quando a degradação da natureza – provocada pelo visitante - desestimula a visitação. Neste sentido, fica evidente que o uso público no litoral do PNSB precisa ser melhor planejado e ordenado, pois as ações realizadas pelos gestores da UC não estão sendo efetivas.

Portanto, ações de educação e interpretação ambiental, promovidas pelos gestores do Parque em associação com a comunidade local, podem ser alternativas para redução dos impactos do uso público.

## CAPÍTULO 7 SÍNTESE DOS IMPACTOS E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NA VILA DE TRINDADE

Apontados e discutidos os principais resultados obtidos pelas análises físicas e químicas das propriedades do solo, e integrando a estes alguns aspectos da análise do uso público, da avaliação do grau de dificuldade e da compactação do solo, torna-se possível apontar soluções e mitigações para os impactos observados nas trilhas.

As duas trilhas analisadas (Praia do Meio-Praia Caixa D'Aço e Praia Caixa D'Aço-Piscina Natural) possuem situações de degradação e impactos bastante semelhantes: feições erosivas desenvolvidas, erosão da borda crítica, estruturas de manejo danificadas e risco elevado para os usuários (quedas do talude e no leito da trilha). Todos estes fatores evidenciam a necessidade de intervenções de manejo e recuperação das trilhas. No quadro 16 está expressa a síntese dos impactos e situações conflitantes encontradas no litoral do PNSB.

Quadro 16. Síntese de alterações observadas no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina

<b>ALTERAÇÕES/ SITUAÇÕES CONFLITANTES</b>	<b>CAUSA PROVÁVEL</b>	<b>SUGESTÃO DE MANEJO</b>
Largura do leito e declividade acentuada da trilha	Corte da trilha não acompanha a topografia	Construção de degraus de madeira e regra da metade <sup>7</sup>
Presença de degraus sem manejo no leito da trilha	Alta declividade, baixa infiltração	Uso de canaletas e barreiras de drenagem e bolsões de escoamento
Solo compactado	Intenso pisoteio, baixa concentração de matéria orgânica	Revegetação da borda (espécies com raízes resistentes que favoreçam a drenagem e infiltração de água no solo) e incorporação de matéria orgânica no leito
Presença de lixo	Má utilização e falta de conscientização ambiental dos usuários	Educação Ambiental para os usuários, cartilhas e placas de instrução
Erosão laminar e em ravinas	Alta declividade, solo raso, baixa infiltração	Uso de canaletas e barreiras de drenagem, bolsões de escoamento
Desbarrancamento da borda crítica	Pisoteio intenso, solo pouco agregado e escoamento superficial	Revegetação da borda (espécies com raízes resistentes que favoreçam a drenagem e infiltração de água no solo)
Deslizamento no talude superior	Criação de atalho, supressão da vegetação, alta declividade	Revegetação da borda (espécies com raízes resistentes que favoreçam a drenagem e infiltração de água no solo), incorporação de matéria orgânica no leito e fechamento do atalho
Ausência de informação sobre a geodiversidade e geoturismo	Ausência de divulgação e desconhecimento da relevância do patrimônio geológico e geomorfológico para a área	Criação de placas, folhetos informativos e outros materiais que apresentem a importância da geomorfologia e geologia local e incentivo da gestão do PNSB à conservação e divulgação da geodiversidade
Uso público	Ausência de ordenamento e fiscalização por parte dos gestores do PNSB	Atividades de ordenamento, cadastramento de vendedores e fiscalização das atividades na praia do Meio

<sup>7</sup> A regra da metade diz que uma trilha não pode ter declividade maior do que metade da inclinação da encosta pela qual se está subindo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE-SP, 2009).

Com relação à qualidade do solo, fica evidente a correlação entre os pontos de maior degradação observados *in situ* visualmente e os menores índices de propriedades químicas e físicas do solo. Sendo assim, os atributos do solo avaliados se mostram eficientes para análise do grau de impacto das trilhas (RANGEL; GUERRA, 2018).

Verifica-se que o traçado das trilhas não foi planejado, isto é, não acompanha as curvas de nível, portanto, elas encontram-se bastante erodidas e degradadas, principalmente em trechos onde a declividade é acentuada, o que eleva a possibilidade de ocorrência de processos erosivos. Logo, fica evidente que as condições degradadas de alguns trechos das trilhas estão relacionadas ao traçado não planejado, isto é, as trilhas não acompanham as curvas de nível, os traçados são íngremes, o que favorece a presença de áreas degradadas. No Manual de Construção e Manutenção de Trilhas do Estado de São Paulo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE-SP, 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°.

Portanto, seria adequado fazer um planejamento para modificar o traçado da trilha em determinados pontos onde foram criados atalhos (Figura 57).



Figura 57. Exemplo de atalho que já havia sido interditado pelos gestores do PNSB (placa destacada em laranja) e foi reaberto recentemente (cerca que foi retirada destacada em azul). Foto: Luana de A. Rangel (2017)



Ademais, deveria ser feita a recuperação de alguns trechos com a presença de ravinas e perda de borda crítica (Figuras 33 a 35 – páginas 138 a 140). Sugere-se, portanto, a correção do traçado dos trechos que apresentam risco aos usuários, com erosão da borda, por exemplo. Visto que, com a intensificação do uso, a probabilidade de total erosão do trecho é elevada. 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 das bordas das trilhas (nos pontos com perda de borda crítica e, principalmente, no ponto da trilha PMC onde ocorreu deslizamento) e o acréscimo de serapilheira no leito (nos pontos com ravinas) aumentariam o *input* de matéria orgânica do solo, favorecendo a infiltração e reduziriam a possibilidade de aprofundamento de processos erosivos.

Rangel (2014) e Jorge (2017) destacam que boas condições de acessibilidade são essenciais para proporcionar uma experiência agradável ao visitante, tornando, assim os percursos mais atrativos; já a dificuldade de acesso e ausência, ou ineficiência de estruturas de manejo, podem comprometer o seu uso das trilhas. Nesse sentido, há necessidade de recuperar as estruturas de manejo existentes e instalar novas estruturas que facilitem o deslocamento.

Outra alteração a ser destacada é a presença de degraus no leito da trilha. Nas figuras 33 e 36 (páginas 138 e 141) observam-se não só os degraus de madeira construídos, mas também, degraus causados pelo pisoteio, sem nenhum tipo de estrutura. Rangel e Botelho (2017) destacam que os degraus são caminhos preferenciais da água, que podem causar maior turbulência ao fluxo e se aprofundar devido ao pisoteio, pois, os usuários preferem utilizá-los em áreas mais íngremes. Sendo assim, 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.

Recomenda-se, assim, que seja feita a aplicação de serapilheira ao longo do leito da trilha, fato que 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.

## CAPÍTULO 8 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 potencial geoturístico no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina, com ênfase na piscina natural Caixa D'Aço. Os procedimentos técnico-metodológicos utilizados foram de suma importância para avaliação dos impactos nas trilhas, pois, os resultados da microtopografia do solo, do Protocolo de Avaliação Rápida, da análise do grau de dificuldade e da qualidade química e física do solo mostraram-se satisfatórios e complementares para o melhor desenvolvimento da pesquisa.

A avaliação do potencial geoturístico do litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina mostra que os sítios de geodiversidade, principalmente a piscina natural Caixa D'Aço, necessitam de estratégias para sua conservação. Além disso, é necessário investir na divulgação da importância do patrimônio geológico e geomorfológico para o sistema ambiental.

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 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 tese visa contribuir para o avanço dos estudos sobre geoturismo e utilização de trilhas dentro de Unidades de Conservação, já que, na maioria das vezes os gestores e os visitantes, não sabem que nas UCs existem sítios de geodiversidade e geossítios e qual a importância dos mesmos não só como atrativos, mas também, para a manutenção do geossistema. Além disso, o estudo do impacto da utilização de trilhas em UCs é essencial, pois, em muitos casos, elas podem ser consideradas forças de tensão, como no caso das duas trilhas analisadas (PMC e PNC), que, devido ao pisoteio intenso e falta de manejo adequado, estão afetando negativamente a qualidade dos solos.

Com relação às transformações do uso do solo fica evidente os conflitos entre os gestores do Parque e a comunidade local, principalmente no que tange às atividades

desenvolvidas na área. Entende-se que o PNSB é uma UC de proteção integral, isto é, que não prevê nenhum tipo de atividade, ou construções em seu interior. Porém, a presença da comunidade caiçara é anterior à criação do Parque e as restrições impostas às atividades desenvolvidas por essa população é um fato preocupante.

Conclui-se que apesar das tentativas da gestão do PNSB em ordenar a visitação, a área ainda sofre com os impactos negativos do uso público. Entende-se também, que com a retirada de bares e estruturas localizadas na praia do Meio, os gestores do Parque deveriam ter realizado ações para ordenar a presença de vendedores e estruturas irregulares, porém, isso não foi feito.

Com relação aos impactos nas trilhas, é necessário recuperar as áreas já degradadas, através da utilização de técnicas de bioengenharia, como aplicação de geotêxteis onde ocorreu deslizamento; da incorporação de matéria orgânica; da instalação de estruturas de manejo mais eficientes, como diques e barreiras de drenagem que evitam a circulação de água no leito da trilha e o aprofundamento de processos erosivos. Logo, com a realização dessas sugestões, a trilha poderá ter seu grau de dificuldade reduzido de 2 (grau de dificuldade moderado) para 1 (grau de dificuldade leve).

Além disso, é fundamental conscientizar os turistas e demais usuários, no sentido de promover a adoção de condutas adequadas e menos impactantes, pois como foi constatado, os próprios usuários deixam lixo nas trilhas e picham as placas de sinalização. Portanto, ações de educação ambiental, fiscalização e interpretação ambiental podem auxiliar no desenvolvimento da atividade geoturística.

A partir da valoração da geodiversidade da piscina natural Caixa D'Aço ficou evidente que ela possui alto valor intrínseco, estético e econômico, visto que, se configura como principal atrativo turístico da Vila de Trindade, pelo grande apelo ao turismo “sol e praia”, pela sua beleza cênica e pela importância que possui para a comunidade local (estímulo econômico devido à atividade turística). Já os aspectos funcional e didático/científico possuem valor mediano. Com relação aos serviços ecossistêmicos, a piscina possui alto valor para os serviços de regulação, culturais e de conhecimento; médio valor para o serviço de suporte; e o serviço de provisionamento é inexistente.

Através da análise do Protocolo de Avaliação Rápida para trilhas de montanha, constatou-se que o trecho um (localizado na trilha PMC) foi considerado ruim e o quarto trecho foi considerado bom (localizado na trilha PNC). O parâmetro mais preocupante foi a declividade superior a 15° em quase todos os trechos.

A partir da avaliação da compactação do solo, foi demonstrado, que de forma geral, todos os pontos estão sofrendo com o impacto do pisoteio, principalmente os pontos 1 e 5, que

apresentaram os maiores valores de densidade do solo em ambas as profundidades e de resistência à penetração. Porém, apesar do pisoteio, a incorporação de matéria orgânica na trilha está ocorrendo de forma adequada, com exceção do ponto 4. Este fator pode estar associado ao ambiente de floresta ombrófila com elevada produção e deposição de serapilheira no leito da trilha.

A microtopografia se mostrou muito eficiente para avaliar a evolução dos processos erosivos superficiais no leito da trilha e a área de solo erodida estimada em cada perfil transversal a partir da ponte de erosão. O monitoramento indicou que a ponte de erosão 1 perdeu, aproximadamente, 0,385m<sup>2</sup> de solo na seção transversal da trilha. Já a ponte de erosão 3, perdeu apenas 0,189m<sup>2</sup> de solo. Através do monitoramento foi possível observar as variações de acúmulo e transporte de sedimentos e serapilheira no leito das trilhas, em decorrência do regime pluviométrico de cada estação do ano.

Verificou-se que as propriedades químicas e físicas do solo estão sofrendo com a interferência do pisoteio no leito das trilhas. O ponto 1 da trilha PMC apresentou horizonte C exposto, e remoção de solo de aproximadamente 50 cm, a maior resistência à penetração (45,37 kgf/cm<sup>2</sup>) e densidade do solo elevada nas duas profundidades (1,49 g/cm<sup>3</sup> em 0-10 cm e 1,6 g/cm<sup>3</sup> em 10-20 cm). Já o ponto 3 da trilha PNC apresentou os maiores teores de areia fina + silte; textura franco argilosa em 0-10 cm e franca em 10-20 cm, indicando elevada propensão à ocorrência de processos erosivos; baixo teor de argila (17,71%) e baixo DMG dos agregados do solo em 10-20 cm (1,83).

Já o ponto 5 da trilha PNC apresentou baixos valores de DMP, DMG e IEA nas duas profundidades e textura franco-arenosa, que é uma classe textural que favorece à erosão, podendo estar influenciando na formação de agregados menores. Além disso, apresentou baixos valores de matéria orgânica, de pH e de porosidade.

Fica evidente que a implantação de um programa de geoturismo dentro do PNSB pode diversificar o uso público atual, reduzindo os impactos observados por meio de ações de interpretação ambiental e de valorização da geodiversidade local.

Por fim, destaca-se que a pesquisa realizada irá auxiliar na gestão do Parque Nacional da Serra da Bocaina, demonstrando que o estudo do geoturismo e da utilização de trilhas é fundamental para direcionar a prática das ações que visem incentivar atividades de uso público e corrigir problemas ambientais. Comprova-se assim, principalmente para os gestores, que é de suma importância realizar um estudo integrado a fim de se obter o maior sucesso possível nas intervenções feitas.

Assim, o presente trabalho 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, e também, poderá ser utilizado no manejo de outras trilhas e atrativos geoturísticos do PNSB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P. Termografia para determinação da microtopografiada superfície do solo em diferentes condições de cobertura morta. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.3, p.445-453, 2014.
- ALLMARAS, R. R.; BURWELL, R. E.; LARSON, W. E.; HOLT, R. F. **Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage**. Washington: Agricultural Research Service, 1966. 22p. Disponível em: <<https://archive.org/details/totalporosityran07allm>>. 29 mai. 2016.
- ALMEIDA, A. A. **Diagnóstico ambiental em trilhas ecoturísticas: estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG**. 2005. 45f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2005.
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n.2, p.135-150, 1998.
- 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, S. R.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.4, p.382–388, 2009.
- 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.
- ANDRETTA, V. **Sinalização de trilhas: importância e eficiência**. [S.l.] 2006.
- 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.
- ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 425-435, 2005.
- ARRUDA, R. "Populações tradicionais" e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. **Ambiente e Sociedade**, v.2, n.5, p.79-107, 1999.
- ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam v. 88, p. 153-160, 2002.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, L.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W; JONES, A. J. (ed.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-142. Special Publication, 49

ASMUS, H. E.; FERRARI, A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil. In: PETROBRÁS. CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. DIVISÃO DE INFORMAÇÃO TÉCNICA E PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1978, p. 75-88. (Série Projeto Remac, 4)

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.  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15505-2 - Turismo com atividades de caminhada Parte 2: Classificação de percursos**. ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DE TRINDADE – AMOT. **Escola do Mar – Casa de farinha caieira**. 2018.

BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. & COSTA, A.C. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO<sub>2</sub> in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agric. Ecosystem Environment.**, v.132, p. 243-251, 2009.

BARROS, A. P. M.; PONTES, F. R. Turismo em unidades de conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental Bororé – Colônia (São Paulo, SP). **Revista eletrônica de turismo cultural**, São Paulo, n. especial, p. 1-16, 2008.

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.

BERTOLANI, F. C.; PAZ GONZÁLEZ, A.; LADO LIÑARES, M.; VIDAL VÁZQUEZ, E.; MIRANDA, J. G. V. Variabilidade espacial da rugosidade superficial do solo medida com rugosímetros de agulhas e laser. **Bragantia**, v.59, n.2, p.227-234, 2000.

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

BECKER, B. K. Novos rumos da política regional: por um desenvolvimento sustentável da fronteira amazônica. In: BECKER, B. K. e MIRANDA, M. **A Geografia Política do Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997. p. 421-443.

BENTO, L. C. M.; RODRIGUES, S. C. geoturismo em unidades de conservação: uma nova tendência ou uma necessidade real? – estado da arte. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 25, p. 77-97, 2013.

BOHRER, C. B. de A. e DUTRA, L. E. D. A diversidade biológica e o ordenamento territorial brasileiro. In: ALMEIDA, F. G. de; SOARES, L. A. A. (Org.). **Ordenamento territorial: Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 115-155.

BOTELHO, R. G. M. **Trilhas consolidadas e incipientes: proposta e reflexão**. 2016. Digitado.

BORRINI-FEYERABEND, G. **Manejo participativo de áreas protegidas adaptando o método ao contexto: temas de política social**. Quito: IUCN-SUR, 1997. 68p.

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

BRASIL. **Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal. 1965**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 14 out. 2012.

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. **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](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.

BRILHA, J.B.R. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da Natureza na sua vertente geológica**. Palimage Editora. 2005. 190 p.

\_\_\_\_\_. Geoconservation, Concept of. In: TIESS, G.; MAJUMDER, T.; CAMERON, P. (Eds). **Encyclopedia of Mineral and Energy Policy**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015a.

\_\_\_\_\_. Mining and Geoconservation. In: TIESS, G.; MAJUMDER, T.; CAMERON, P. (Eds). **Encyclopedia of Mineral and Energy Policy**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015b.

\_\_\_\_\_. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

BRITO, M. C. W. **Unidades de Conservação: Intenções e Resultados**. São Paulo: Annablume FAPESP, 2000.

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

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil Tillage Research**, v. 43, p. 205-217, 1997.

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.

CAMPOS, R. **Processo de Reestruturação do Conselho Consultivo da APA Macaé de Cima**. 2008. Disponível em: <http://cecna.blogspot.com>. Acesso em 18 jun. 2015.



CARREÑO, P. M. L. P. **Avaliação quali-quantitativa das águas da bacia do Alto Rio Preto – região de Visconde de Mauá (RJ/MG)**. Monografia (Pós-graduação) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas. Curso *Latu Sensu* de pós-graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território. 2012. 79p.

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.

CARVALHO FILHO, A. *et al.* **Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. Disponível em: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>. > Acesso em: 05 jun. 2014.

CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J. F.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A; CARVALHO, L. C. C. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.229-237, 2007.

CASTRO, C. E. **O caminho entre a percepção, o impacto no solo e as metodologias de manejo: o estudo de trilhas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – SP**. 2004. 153f. (Dissertação) Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Estadual de Londrina, 2004.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.339-352, 2006.

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T. J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Science Society of America**. v. 55, p.1407-1413, 1991.

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.; 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.; 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.

CESÁRIO, F. V.; DONAGEMMA, G. K. ; Ruiz, H.A ; BALIEIRO, F. C. . Estabilidade de agregados em água: análise crítica e padronização. **Comunicado Técnico (Embrapa-Solos)**, v. 57, p. 1, 2010.

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.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUDGEN, D.E. **Geomorphology**. Cambridge: University Press, 1984.

CIFUENTES, M. **Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas**. Turialba: CATIE, 1992.

CIFUENTES, M.; IZURIETA, A.; FARIA, H. H. de. **Medición de la efetividad del manejo de áreas protegidas**. Forest Innovations Project. Costa Rica: GTZ/IUCN, 2000.

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. 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.

CONTI, B.R. Proteção da Natureza e Qualidade de Vida em Trindade (Paraty - RJ): para entender o ecoturismo no Parque Nacional da Serra da Bocaina. 2011. 207p. **Dissertação** (Mestrado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social) – Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro - RJ, 2011.

CONTI, B.R.; IRVING, M.A.; CORRÊA, F.V. Parque Nacional da Serra da Bocaina/RJ: Qual a relação com a Vila de Trindade?. In: **Anais do VIII Congresso Nacional de Ecoturismo e do IV Encontro Interdisciplinar de Ecoturismo em Unidades de Conservação. Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.4, n.4, 2011, p. 503.

CONTI, B. R.; ANTUNES, D. C. Conflitos na gestão do Parque Nacional da Serra da Bocaina: entraves ao desenvolvimento local na vila de Trindade (Paraty, RJ). **Revista Interações**, Campo Grande, v. 13, n. 2, p. 213-223, jul./dez. 2012.

CONTI, B.R.; IRVING, M.A. Desafios para o ecoturismo no Parque Nacional da Serra da Bocaina: o caso da Vila de Trindade (Paraty, RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.7, n.3, p.517-538, 2014.

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.

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

COSTA, O.V. **Impacto animal sobre o componente abiótico do solo: Ciclagem de nutrientes e compactação**. Viçosa: UFV, 2000. 30p.

COSTA, N. M. C. D.; 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, 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 JUNIOR, C. PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1311-1321, 2012.

CURI, N. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 1993. 89p.

DANTAS, M. E. **Mapa geomorfológico. Projeto Rio de Janeiro. Folha SF 23-Z-A/C Volta Redonda/Ilha Grande**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro, 2000. 1 mapa.

DARBOUX, F.; HUANG, C. Does soil surface roughness increase or decrease water and particle transfers? **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, n.3, p.748-756, 2005.

DELELIS, C. J.; REHDER, T.; CARDOSO, T. M. **Mosaicos de áreas protegidas: reflexões e propostas da cooperação franco-brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

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. Microaggregate-associated carbon as a diagnostic fraction for management-induced changes in soil organic carbon in two Oxisols. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 5, p. 1165-1172, 2007.

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.

DENEFF, 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.; 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, A. C.; MOURA NETTO, B. V.; MARCONDES, M. A. P. Trilha interpretativa do rio Taquaral. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**. v. 40-A, p. 11-32, 1986.

DIAS, J. M.; PEREIRA, N. M. Considerações sobre a evolução do Sistema Nacional de Unidades de Conservação e o ordenamento territorial da Amazônia: interações entre o Estado e a Ciência. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 21, p. 69-88, 2010.

DIAS JÚNIOR, M. S.; MIRANDA, E. E. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, n. 2, p. 337-346, 2000.

DIEGUES, A. C. S. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Hucitec, 1996.

DORAN, J.W.; 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.

DOWLING, R. K. Geotourism's contribution to local and regional development. **Geotourism and local development**, p. 15-37, 2009.

DOWLING, R.K. Geotourism's global growth. **Geoheritage**, v. 3, n.1, p.1-13, 2010.

DOWLING, R. K. Global geotourism – an emerging form of sustainable tourism. **Czech Journal of Tourism**, v. 2, n. 2, p. 59-79, 2013.

DOWLING, R.; NEWSOME, D. Geotourism's issues and challenges. In: DOWLING, R.; NEWSOME, D. (Org.) **Geotourism**. Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford. 2006. 260 p.

DUARTE, N. S. **Aplicação de Métodos Direto e Indireto de Avaliação da Qualidade das Águas de Superfície na Sub-Bacia do Rio Sana (Macaé/RJ)**. 2013. Monografia (Especialização) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas. Curso *Latu Sensu* de pós-graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território, Rio de Janeiro, 2013.

EISENLOHR, P. V.; MEYER, L. MIRANDA, P. L. S.; REZENDE, V. L. SARMENTO, C. D.; MOTA, T. J. R. C. Trilhas e seu papel ecológico: o que temos aprendido e quais as perspectivas para a restauração de ecossistemas?, **Hoehnea** v.40, n.3, p. 407-418, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. Documentos, 2011. 212p.

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

ESCOSTEGUY, P.A.V.; GALLIASSI, K.; CERETTA, C.A. Determinação de matéria orgânica do solo pela perda de massa por ignição, em amostras do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p. 247-255, 2007.

EVANS, R. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. In: KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (Eds.) **Soil Erosion**. John Wiley & Sons, 1980 p. 109-128.

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

FARIA, H. H. de. **Eficácia de gestão de unidades de conservação gerenciadas pelo Instituto Florestal de São Paulo, Brasil**. 2004. 401f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2004.

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.

FEOLA, E. **Análise dos processos erosivos em trilha: subsídio ao planejamento e manejo**. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

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

FERNÁNDEZ, D; RAVEN, P. A review of river habitat characterization methods: indices vs. characterization protocols. **Asociación Ibérica de Limnología**, Madrid. Spain. *Limnetica*, v. 30, n. 2, p. 217-234. 2011.

FERREIRA, C. G.– Erosão hídrica em solos florestais. Estudo em povoamentos de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* em Macieira de Alcôba. **Águeda, Revista da Faculdade de Letras, Geografia**, v. XII/XIII, Porto, p. 145-244. 1996.

FERREIRA, L. M. Pesquisa biológica e cultural nas unidades de conservação: as necessidades e os limites. In: **Anais do 1º Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Curitiba: Rede Nacional Pró-Unidade de Conservação, 1997, v 1. p. 166 – 180.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**. v. 41, n. 2, p. 177-183, 2010.

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.

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

FILETTO, F.; MACEDO, R.L.G. Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para o Ecoturismo em Unidades de Conservação. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.8, n.1, 2015, p.11-30.

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

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.

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.

GETZ, D. Capacity to absorb tourism: concepts and implications for strategic planning. **Annals of Tourism Research.** v.10, n. 2, p. 239-263, 1983.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.; SOUZA, L.S. & RIBEIRO, L.P. Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento Hardsetting: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 239-247, 2001.

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.

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.

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.

GRAHAN, R. Visitor impact management and Canada's National Park. In: GRAHAN, R.; LAWRENCE, R (Eds). **Towards serving our visitor's and managing our resources.** University of Waterloo and Canadian Parks Service, Environment Canada, 1990.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** Chichester: John Wiley and sons, 2004.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 119, n. 3- 4, p. 287-298, 2008.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013, p. 495.

GRAY, M. Geodiversity and Geoconservation: what, why, and how? **The George Wright Forum**, p.4-12, 2005. Disponível em: <http://www.georgewright.org/223gray.pdf>. Acesso em: 10 maio 2014.

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; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE. A. C. e GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; FULLEN, M. A. BEZERRA, J. F. R. The gomorphology of Angra dos Reis and Paraty municipalities, Southern Rio de Janeiro State. **Revista Geonorte**, v.9, n.1, p.1-21, 2013.

GUERRA, A. J.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C.; BEZERRA, F. R.; SHOKR, M. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 27–41, 2017.

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.

HAKANSSON, I., VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R., BLUM, W.H., VALENTIN, C., (Eds.) **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: Lewis, 1997. p.167-179.

HASSLER, M. L. A importância das unidades de conservação no Brasil. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 33, p. 79-89, 2005.

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.

HOSE, T. A. Selling the Story of Britain's Stone, **Environmental Interpretation**, v.10, p. 16-17. 1995.

HOSE, T. A. “geoturismo” europeo. Interpretación geológica y promoción de la conservación geológica para turistas. In: BARRETINO, D.; WINBLETON, W.A.P.; GALLEGOS, E. (Eds). **Patrimonio geológico: conservación y gestión**. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 2000. 212 p.

HOSE, T. A. Geotourism and Interpretation. In: DOWLING, R. E.; NEWSOME, D. (Eds.) **Geotourism**. Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford. 2006. 260 p.

IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Parque Nacional das Emas: plano de manejo**. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, Fundação Brasileira para a conservação da Natureza – FBCN, 1981. 90p.

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** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 3ª ed. – Manuais técnicos em geociências, n° 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 316p.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE. **Piscina natural terá limite de visitantes em Parque Nacional**. 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-destaques/4926-piscina-natural-tera-limite-de-visitantes-em-parque-nacional.html>. Acesso em: 15 dez.2014.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE. **Folheto Informativo sobre Trindade**. 2014 Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/guia-do-visitante.html>. Acesso em: 27 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Parque Nacional Da Serra da Bocaina promoveu ação de ordenamento turístico na Trindade**. 2017. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/destaques/152-parque-nacional-da-serra-da-bocaina-promoveu-acao-de-ordenamento-turistico-na-trindade.html>. Acesso em: 24 mar 2017.

\_\_\_\_\_. **Roteiro metodológico para manejo de impactos da visitação com Enfoque na Experiência do Visitante e na Proteção dos Recursos Naturais e Culturais**. 2011. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/roteiro\\_impacto.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/roteiro_impacto.pdf). Acesso em 13 jan. 2017.



INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Índice de precipitação na estação A619 – Parati.** Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf). Acesso em: 12 set. 2017.

IRVING, M.A. Turismo, ética e educação ambiental – novos paradigmas em planejamento. In: IRVING, M.; AZEVEDO, J. **Turismo, o desafio da sustentabilidade.** São Paulo: Futura, 2002.

\_\_\_\_\_. Ecoturismo em Áreas Protegidas: da natureza ao fenômeno social. In: CASTILHO, N.; NEIMAN, N.; CASTILHO, V. **Pelas trilhas do Ecoturismo.** RIMA, São Carlos, 2008, p.3-15.

ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. **Princípios y aplicaciones del riego.** 2.ed. Barcelona: Editorial Reverte, 1965. 400p

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **Guidelines for Protected Area Management Categories: Commission on National Parks and Protected Areas (CNPPA) with the assistance of the world conservation monitoring center.** IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 1994.

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.

JORGE, J.A. Matéria orgânica. In: MONIZ, A. C. (Org.) **Elementos de pedologia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 169-177.

JORGE, M. C. O.; GUERRA; A. J. T. Geodiversidade, geoturismo e Geoconservação: Conceitos, Teorias e Métodos. **Revista Espaço Aberto.** v. 6, n.1, p. 151-174, 2016.

JORGE, M. C. O.; GUERRA; A. J. T.; M. FULLEN. Geotourism and footpath erosion - A case study from Ubatuba, Brazil. **Geography review.** v. 29, n. 4, p. 26 – 29, 2016.

JORGE, M. C. O. **Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP.** 242 f. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

KABASHIMA, Y. **Fatores de degradação ambiental e elementos construtivos na avaliação e monitoramento de escadas no percurso de trilhas no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira.** 127f. 2011. Dissertação (Mestrado em Conservação de Ecossistemas Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

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.; 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.; 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.

KROEFF, L. L.; VERDUM, R. Identificação de áreas potenciais ao mapeamento de trilhas ecoturísticas na propriedade do Ecoparque, em Canela/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.131-136, 2011.

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.

LANGLEY, S. **The system of protected areas in the United States**. In: BENJAMIN, A.H. (org.) **Direito Ambiental das Áreas Protegidas: o regime jurídico das unidades de conservação**. Rio de Janeiro: Ed. Forense, 2001. p. 116-161.

LE BISSONNAIS, Y. Comportement d'agrégates terreuses soumises 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.

LEPSCH, I. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

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.

LEWIS, M. et al. Paddle canoeists encounter norms in Minnesota's Boundary Waters Canoe Area wilderness. **Leisure Science**, v. 18, p. 143-60. 1996.

LIMA, L. D. da M. **Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub-bacias do médio e alto cursos da Bacia do Rio Macaé / RJ**. 127f. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2008.

LHOTTE, C. **Trindade para os Trindadeiros**. 278 p. 1982. Dissertação (Mestrado em Antropologia) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, UNICAMP, Campinas, 1982.

LOPES, L. S. O.; ARAÚJO, J. L.; CASTRO, A. J. F. geoturismo: Estratégia de Geoconservação e de Desenvolvimento Local. **Caderno de Geografia**, v.21, n.35, 2011.

LOUREIRO, H. A. Soares. **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. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2013.

LOUREIRO, H. A. S.; RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Uso público em Unidades de Conservação: atividade ecoturística no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina - Paraty (RJ) In: VIII Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social / III Encontro Latino-Americano sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social. **Anais ...** Niterói, 2017.

MACFARLENE, R. **Montanhas da Mente: História de um fascínio**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

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.

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.

MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas e fertilidade do solo. In: **Manual de química agrícola**, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979.

MANNING, R., LIME, D., HOF, M., FREIMUND, W. **The Visitor experience and resource protection (VERP) process: the application of carrying capacity to Arches National Park**. The George Wright Forum, v. 12, n. 3, p. 41-55, 1995.

MANOSSO, F. C. Potencial del geoturismo y la geodiversidad en la Serra do Cadeado, Paraná, Brasil. **Estudios y Perspectivas en Turismo**. v. 21, p. 322 – 338, 2012.

MANSUR, K. L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio**. 2010. Tese (Doutorado em

Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MANSUR, K. L.; ROCHA, A. J. D.; PEDREIRA, A.; SCHOBENHAUS, C.; SALAMUNI, E.; ERTHAL, F. C.; PIEKARZ, G.; WINGE, M.; NASCIMENTO, M. A. L.; RIBEIRO, R. R. Iniciativas institucionais de valorização do patrimônio geológico do Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 70, p. 02-27, 2013a.

MANSUR, K.L., PONCIANO, L.C.M.O., CASTRO, A.R.S.F., CARVALHO, I.S. Conservação e restauro do patrimônio geológico e sua relevância para a geoconservação. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p. 137 – 155, 2013b.

MARANDOLA JR., E. Uma ontologia geográfica dos riscos: duas escalas, três dimensões. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 3, p. 315-338, 2004.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.163-170, 2006

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.

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.

MCKEEVER, P.J.; ZOUROS, N.; PATZACK, M. The UNESCO Global Network of National Geoparks. In: DOWLING, R.K.; NEWSOME, D. (Eds). **Geotourism: the tourism of geology and landscape**. Oxford: Good-fellow, 2010. p. 221 –230.

MEDEIROS, J. C.; CARVALHO, M. C. S.; 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](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado_2ed/index.html). Acesso em 15 fev. 2013.

MEDEIROS, R. **A Proteção da Natureza: das Estratégias Internacionais e Nacionais às demandas Locais**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de Áreas Protegidas no Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**, v.9, n.1, 2006.

MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. A Proteção da Natureza no Brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, n. 9, p. 83-93, 2004.

MEDEIROS, W. D. A.; OLIVEIRA, F. F. G. Geodiversidade, Geopatrimônio e geoturismo em Currais Novos, NE do Brasil. **Revista Mercator**, v. 10, n. 23, p. 59-69, 2011.

MELATTI, C. **Avaliação dos Impactos Causados pelos Visitantes em Trilhas: Parque Estadual Mata dos Godoy – Londrina/PR**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia Dinâmica Espaço Ambiental) - Departamento de Geociências, UEL, Londrina, 2011.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; 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.

MENDES, S.P.; LOUREIRO, H.A.S.; NEVES, S.R.A.; GUERRA, A.J.T. Caracterização da Estrutura e Funcionalidade Florestal da APA Municipal de Macaé de Cima, Nova Friburgo (RJ). Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa – MG. 2009. Disponível em: [http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo5/024.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo5/024.pdf)

MENDES, S.P. **Identificação e Avaliação da Área de Proteção Ambiental Estadual de Macaé de Cima (RJ)**. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro. 2010.

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.

MEURER E.J. **Fundamentos da química do solo**, 3. Ed., Porto Alegre. Editora Evangraf, p. 275, 2012.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R. HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T. MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J.; FONSECA, G. A.B. **Hotspots Revisited. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. CEMEX, 2005.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina**. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. Diretoria de Ecossistemas/Departamento de Unidades de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/extras/62-plano-de-manejo-e-monitorias.html>. Acesso em: 4 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Áreas Protegidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MONDEJAR, G; REMO, A. Manifiesto por la conservación, divulgación y uso del patrimonio geológico y la geodiversidad de la region de Múrcia. El patrimonio geológico: Cultura, Turismo y Médio Ambiente. **Actas V Reunion Nacional de la Comision de Patrimônio Geológico**. Madrid: 2004. p. 343-348.

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.

MORAES, L. M. A. V. **A Educação Ambiental como mediadora de conflitos socioambientais, junto aos moradores de Trindade, no Parque Nacional da Serra da**

**Bocaina (RJ)**. 2014. 153f. Monografia; (Graduação em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MOREIRA, J. C. Patrimônio Geológico **em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas**. 2008. 428f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MOREIRA, J. C. geoturismo: uma abordagem histórico-conceitual. **Turismo e Paisagens Cársticas**, v. 3, n. 1, p. 5-10, Campinas, 2010.

MOREIRA, J.C. **geoturismo e interpretação ambiental**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2ª ed., 2014

MOREIRA, J. C; BIGARELLA, J. J. A. Interpretação Ambiental e geoturismo em Fernando de Noronha - PE. In: C. J. M. DE CASTILHO; J. VIEGAS. (Org.) **Turismo e Práticas Socioespaciais: Múltiplas abordagens e Interdisciplinaridades**. Recife: Editora da UFPE, 2008.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. England: Blackwell, 2005.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, Ú. A.; MANTESSONETO, V. geoturismo: um novo segmento do turismo no Brasil. **Global Tourism**, São Paulo, v.3, n.2, 2007.

NASCIMENTO, M.A.L.; RUCHKYS, U.A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 84 p

NASCIMENTO, M.A.L.; MANSUR, K.L.; MOREIRA, J. C. Bases conceituais para entender geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Teresina, 2015.

NEIMAN, Z. O Cerrado como Instrumento para Educação Ambiental em Atividades de Ecoturismo. In: NEIMAN, Z. (Org). **Meio Ambiente, Educação e Ecoturismo**. Barueri, SP: Manole, 2002.

NEIMAN, Z.; 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.

NEWMAN, M. E.; MACLAREN, K. P. & WILSON, B. S. Assessing deforestation and fragmentation in a tropical moist forest; the impact of roads and legal protection in the Cockpit Country, Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.315, p.138-152, 2014.

NOVAES, W. Agenda 21: um novo modelo de civilização. In: TRIGUEIRO, A. (Org.). **Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento**. Rio de Janeiro: Sextante. 2003. p.323-331.

OLIVEIRA, A.C. Turismo em áreas ‘menos desenvolvidas’: caracterização, desenvolvimento e planejamento turístico da Vila de Trindade, município de Paraty/Rio de Janeiro – Brasil. **Revista de Turismo y Patrimônio Cultural**. Tenerife, v. 3, n.1, 2005, p.149-169.

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, M. I. SCHIAVETTI, A.; MORAES, M. E. B.; TOREZAN, F. H. As trilhas interpretativas da natureza e o ecoturismo. In: LEMOS, A. I. G. de. Turismo e **Impactos sócio-ambientais**. São Paulo: Hucitec, 1996. p. 151-163.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; DE SOUZA, C.M. A.; URCHEI, M. A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.443-451, 2010.

PASSOS, I. M.; MOTA, M. F. C.; SILVA, D. F. S.; SILVEIRA, T. C.; SOUZA, V. B.; PINTO, V. O.; KONDO, M. K. Indicadores físicos e químicos de qualidade de um Cambissolo em diferentes usos. **UNISANTA BioScience**, v. 4, n. 4, p.202-220, 2015.

PAZ-FERREIRO, J.; BERTOL, I.; VIDAL VÁZQUEZ, E. Quantification of tillage, plant cover, and cumulative rainfall effects on soil surface microrelief by statistical, geostatistical and fractal indices. **Nonlinear Processes in Geophysics**, v.15, n.4, p.575-590, 2008.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A. & CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 521-529, 2001

PELLIZZARO, P. C.; HARDT, L. P. A.; HARDT, C.; HARDT, M.; SEHLI, D. A. Gestão e Manejo de Áreas Naturais Protegidas: Contexto Internacional. **Anais do VI Encontro Nacional da ANPPAS**, Belém do Pará, Brasil, 2012.

PEREIRA, F. M. **Vila da Trindade, Paraty, RJ: Turismo Sustentável?** Santo André: Uni ABC, 2001.

PEREIRA, L. S. RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 299-316, 2016.

PEREIRA, M. B.; FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C. Trilha Interpretativa Geoturística na Serra de São José no Entorno da Estrada Real / MG. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 35, n. 1, p.165-172, 2012.

PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. 2010. 295 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade do Minho, Portugal, 2010.

PEREIRA R.G.F.A; RIOS D.C.; GARCIA P.M.P. Geodiversidade e Patrimônio Geológico: ferramentas para a divulgação e ensino das Geociências. **Terrae Didactica**, v. 12, n. 3, p. 196-208, 2016.

PFORR, C; MEGERLE, A. 2006. Geotourism: a perspective from southwest Germany. In: DOWLING, R.; NEWSOME, D. (Ed.) **Geotourism**. Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford. 260 p

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.

POLYAKOV, V.O.; LAL, R. Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall. **Soil Science**.v.169, p. 590–599, 2004.

PONÇANO, W. L. *et al.* **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. 1 mapa. p. 94 .

PRICE, J.; ROCHEFORT, L.; QUINTY, F. Energy and moisture considerations on cutover peatlands: surface microtopography, mulch cover and Sphagnum regeneration. **Ecological Engineering**, v.10, n.4, p.293-312, 1998

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.

PUREZA, F.; PELLIN, A; PADUA, C. **Unidades de Conservação: fatos e personagens que fizeram a história das categorias de manejo**. São Paulo: Matrix, 2015.

QUEIROZ, E. D.; VALLEJO, L. R. . Uso Público em Unidades de Conservação: entre o ideal e o real. In: **Anais uso Público em Unidades de Conservação**, v. 5, p. 1-14, 2017.

RADAMBRASIL. **Projeto Radam Brasil**, Rio de Janeiro/Vitória, v. 32, p.23-24,1983.

RANGEL, L. A. **O Impacto da Utilização de Trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro: PPGG UFRJ, 2014, 186f.

RANGEL, L. A.; MARTINS, M. B.; GUERRA, A. J. T. Impactos ambientais causados pela utilização de trilhas na reserva ecológica da Juatinga, Paraty, RJ. In: VALEJJO, L. R.; PIMENTEL, D. D.; MONTEZUMA, R. C. M. (Org.) **Uso público em Unidades de Conservação: planejamento, turismo, lazer, educação e impactos**. Niterói: Ed. Alternativa, 2015a.

RANGEL, L. A.; SILVA, M. A. P.; GUERRA, A. J. T. Impactos da utilização da trilha para a piscina do Caixa D’Aço no Parque Nacional da Serra da Bocaina, Paraty (RJ). In: VALEJJO, L. R.; PIMENTEL, D. D.; MONTEZUMA, R. C. M. (Org.) **Uso público em Unidades de Conservação: planejamento, turismo, lazer, educação e impactos**. Niterói: Ed. Alternativa, 2015b.



RANGEL, L. A. **Avaliação da trilha Sahy-Rubião no Parque Estadual Cunhambebe em Mangaratiba (RJ)**. Monografia (Curso de Especialização) - Escola Nacional de Ciências Estatísticas (IBGE). Curso *Lato Sensu* em Análise Ambiental e Gestão do Território, Rio de Janeiro, 2016.

RANGEL, L. A.; BOTELHO, R. G. M. Análise ambiental da trilha Sahy-Rubião no Parque Estadual Cunhambebe em Mangaratiba (RJ) por meio de um Protocolo de Avaliação Rápida. **Revista GeoUERJ**, v.30, p.391 - 418, 2017.

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Potencial Geoturístico em Unidades de Conservação da Costa Verde (estado do Rio de Janeiro): o Parque Nacional da Serra da Bocaina e o Parque Estadual Cunhambebe In: **Anais I Workshop Arte & Ciência – Reflexão integrada no percurso histórico da paisagem**. 2017.

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Qualidade Física de um Cambissolo Háplico sob diferentes usos na bacia do córrego dos Micos, Paraty (RJ). **Boletim Goiano de Geografia**. v.37, p.91 - 110, 2017.

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Caracterização de atributos do solo de trilhas ecoturísticas em Unidades de Conservação do município de Paraty, estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.19, p.17 - 31, 2018.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

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.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1817-1825, 2008.

ROGGENBUCK, J.W.; LUCAS, R.C. Wilderness use and user characteristics: A state-of-knowledge review. **General Technical Report INT. USDA. Forest Service**, Fort Collins, n. 220, p.201-245, 1987.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. 2008. 266p.

RODRIGUES, A. M.; RANGEL, L. A.; PEREIRA, L. S.; JORGE, M. C. O.; MOLINARO, Y. T.; GUERRA, A. J. T. **Degradação dos solos em diferentes usos (trilha e taludes de corte) em unidades de conservação**. *XI SINAGEO, Maringá – 15 a 21 de Setembro*. 2016. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/8/8-368-393.html>. Acesso em: 12 jan. 2017.

RODRIGUES, J. de C. **Geoturismo: uma abordagem emergente**. In: CARVALHO, C. N. de; RODRIGUES, J; JACINTO, A. (Org.) Jornadas sobre a fundação social museu, XVIII. Portugal. Geoturismo e desenvolvimento local. Portugal: 2008, p. 38-61.

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.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo: conseqüências para o desenvolvimento vegetal**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 26p, 2005.

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.

SANTOS, E. M. **Diagnóstico da geodiversidade e potencial geoturístico do município de Bonito, agreste de Pernambuco**. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Geociências). - Departamento de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2012.

SANTOS, L. B. **Percepção ambiental e conflitos de uso dos recursos naturais em áreas protegidas: um estudo no Parque Nacional da Serra da Bocaina**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 10, p.195-223, 2013.

SANTOS, F.C.; BARCELOS, A.C.; RODRIGUES, S.C. Distribuição e correlação de atributos físicos do solo de uma vertente em ambiente de cerrado. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.86–91, 2014.

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.

SECCO, D.; ROS, C.O. DA; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.407-414, 2005.

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](http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/fundacao_florestal/ManualdasTrilhasfinal07-09.pdf). Acesso em: 13 jun. 2014.

SHAKESBY, R. The soil erosion bridge: a device for micro-profiling soil surfaces. **Earth Surface Processes and Landforms**. London, v. 18, p. 823 – 827, 1993.

SHELBY, B.; HEBERLEIN, T.A . **Carrying capacity in recreational settings**. Corvallis, Oregon: Oregon State. 1986.

SHELBY, B.; VASKE, J. J. Using normative data to develop evaluative standards for resource management: A comment on three recent papers. **Journal of Leisure Research**, v. 23, 173–187, 1991.

SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil and Tillage Research.**, v. 87, p. 194-204, 2006.

SILVA, A. C. As Categorias como Fundamentos do Conhecimento Geográfico. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A.. A. (Orgs.) **Espaço Interdisciplinar**. São Paulo: Nobel, 2001.

SILVA, L. F. C. T. Análise da suscetibilidade à erosão ao longo da RJ-165 (Estrada Paraty- Cunha. 2014. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2014.

SILVA, A. O.; CASTRO, A. O. C. Avaliação dos impactos de uso público na trilha ecológica da praia do perigoso – Parque Natural de Grumari, RJ. In: VALEJJO, L. R.; PIMENTEL, D. D.; MONTEZUMA, R. C. M.. (Org.). **Uso público em Unidades de Conservação: planejamento, turismo, lazer, educação e impactos**. Niterói: Editora Alternativa, 2015, p. 293-304.

SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Degradação dos Solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 258-286.

SILVA, V. R.; J. D., REINERT; REICHER, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n 5, p.795-801, 2000.

SILVA, T. M.; SILVA, S. L. S. O relevo do estado do Rio de Janeiro: cenário de beleza e fragilidade ambiental. In: MARAFON, G. J.; RIBEIRO, M. A. (Org.). **Revisitando o território Fluminense VI**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Gramma, 2016. p. 43-64.

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.842-847, 2006

SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 659-667, 2010

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.

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.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.36, p.1193-1200, 2006.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TABARELLI, M., PERES, M.C.A.; MELO, F.P.L. The "few winners and many losers" paradigm revisited: emerging prospects for tropical forest diversity. **Biological Conservation** v. 155, p. 136-140, 2012.

TAKAHASHI, L. **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) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

TAKAHASHI, L. Uso público em unidades de conservação. **Cadernos de conservação**, Paraná, n. 2, 2004. 40 p.

TAVARES FILHO, J.; 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**. Pesquisa Agropecuária. brasileira, Brasília, v.47, n.3, p.436-441, mar. 2012.

TERBORGH, J. e VAN SCHAIK, C. Por que o mundo necessita de parques? In: TERBORGH, J.; SCHAIK, C. van; DAVENPORT, L.; RAO, M. (orgs). **Tornando os parques eficientes:**

**estratégias para a conservação da natureza nos trópicos.** Cutitiba: Editora da UFPR e Fundação O Boticário, 2002.

TISDALL, J.M. e OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal Soil Science.** v. 33, p. 141–163, 1982.

THOMPSON, P.J., JANSEN, I.J., HOOKS, C.L. Penetrometer resistance and bulk density as parameters for predicting root system performance in mine soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.1288-1293, 1987

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.

USDA (**United States Department of Agriculture**). Disponível em: [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2\\_054167](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167). Acesso em 05 out. 2017.

VALE, F. R.; NETO, A. E. F.; RENÓ, N. B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V. 31, nº9, 609- 616, 1996.

VALLEJO, L. R. Os parques e reservas como instrumentos do ordenamento territorial. In: ALMEIDA, F. G. de; SOARES, L. A. A. (Org.). **Ordenamento territorial: Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 157-193.

VALLEJO, L. R. Uso público em áreas protegidas: atores, impactos, diretrizes de planejamento e gestão. **Anais Uso Público em Unidades de Conservação**, v. 1, p. 13-26, 2013.

VAN SCHAIK, C; RIJKSEN, H. D. Projetos integrados de Conservação e Desenvolvimento: Problemas Potenciais. In: TERBORGH, J.; SCHAIK, C. van; DAVENPORT, L.; RAO, M. (orgs). **Tornando os parques eficientes: estratégias para a conservação da natureza nos trópicos.** Cutitiba: Editora da UFPR e Fundação O Boticário, 2002.

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.

VASCONCELOS, J. M. de O. Educação e interpretação ambiental em unidades de conservação. **Cadernos de conservação**, Paraná, a. 3, n. 4, dez. 2006. 86 p.

VEZZANI, F. M. e MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

VIDAL VÁZQUEZ, E.; VIVAS MIRANDA, J. G.; PAZ GONZÁLEZ, A. Characterizing anisotropy and heterogeneity of soil surface microtopography using fractal models. **Ecological Modelling**, v.182, n.3-4, p.337-353, 2005.

VIDAL VÁZQUEZ, E.; BERTOL, I.; SIQUEIRA, G. M.; PAZ-FERREIRO, J.; DAFONTE, J. D. Evolution of the soil surface roughness using geostatistical analysis. **Bragantia**, v.69, p.141-152, 2010a.

VIDAL VÁZQUEZ, E.; VIVAS MIRANDA, J. G.; PAZ-FERREIRO, J. A multifractal approach to characterize cumulative rainfall and tillage effects on soil surface microtopography and to predict depression storage. **Biogeosciences**, v.7, n.10, p.2989-3004, 2010b.

VIEIRA, S. J. **Transdisciplinaridade aplicada à gestão ambiental de unidade de conservação**. 2007. 292f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

VIEIRA, A. O patrimônio geomorfológico no contexto da valorização da geodiversidade: sua evolução recente, conceitos e aplicação. **Cosmos**, v. 7, n. 1, p.28-59, 2014

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Relações entre tamanho de sedimentos erodidos, velocidade da enxurrada, rugosidade superficial criada pelo preparo e tamanho de agregados em solo submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p. 671-679, 2009.

VOLKWEISS, S. J. **Química da acidez do solo**. In: VOLKWEISS, S. J. (Coord.) II Seminário sobre Corretivos da Acidez do Solo. DS/UFSM, Santa Maria, 1989, p.7-38.

WILD, A. **Soils and the environment: an introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 278p.

WUTKE, A.C.P. Acidez. In: MONIZ, A. C. (Org.) **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 149-168

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.

YONG, A. **Slopes**. Logman Londres, 1972, 201-204p.

ZALÁN, P. V. O Gráben da Guanabara: uma feição tectônica modelar mas pouco apreciada e entendida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42,2004, Araxá. **Anais...** [S.l.]: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004. CD-ROM.

ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Revista Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p.269-298, 2005.

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.; HORN, R. Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. **Geoderma**. v.99, n.1-2, p.123-145, 2001.

