

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geografia/ Doutorado

Vitor Marcos Aguiar de Moura

**ANÁLISE AMBIENTAL DE TRILHAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:
Parque Nacional do Caparaó, MG**

**Belo Horizonte
2011**

Vitor Marcos Aguiar de Moura

**ANÁLISE AMBIENTAL DE TRILHAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:
Parque Nacional do Caparaó, MG**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Orientador: Profa. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira

Belo Horizonte
2011

M929a
2011

Moura, Vitor Marcos Aguiar de.
Análise ambiental de trilhas em unidades de conservação,
Parque Nacional do Caparaó, MG, [manuscrito] / Vitor Marcos
Aguiar de Moura. – 2011.
147 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Geografia, 2011.
Área de concentração: Análise Ambiental.
Bibliografia: f. 137-142.
Inclui anexo.

1. Trilhas – Teses. 2. Indicadores ambientais – Teses. 3.
Monitoramento ambiental – Teses. 4. Biodiversidade –
Conservação – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de
Geografia. III. Título.

CDU: 577.4(815.1)

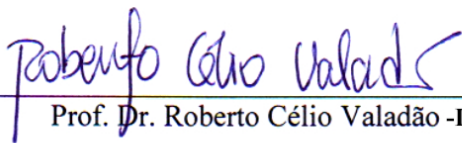
Tese intitulada *Análise ambiental de trilhas em unidades de conservação, Parque Nacional do Caparaó, MG*, de autoria do doutorando Vitor Marcos Aguiar de Moura, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UFMG.

Área de Concentração: Análise Ambiental

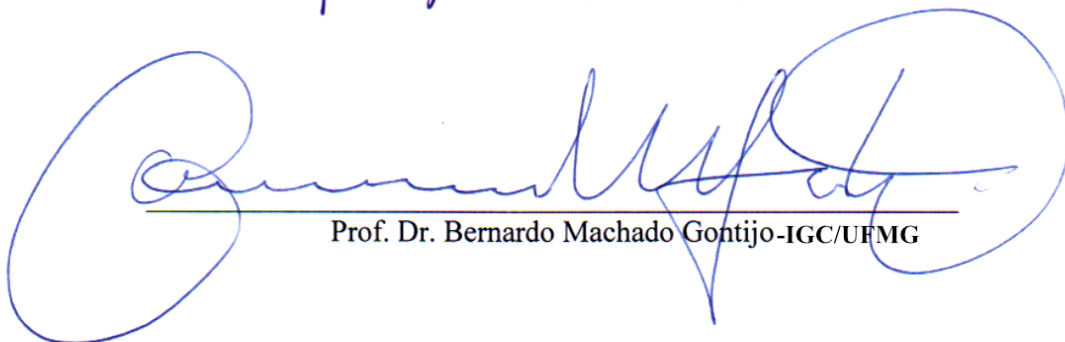
Tese defendida e aprovada, em 08 de julho de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



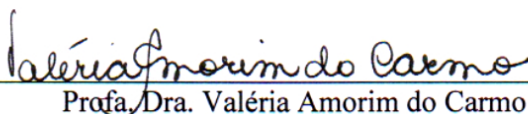
Prof. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira -IGC/UFMG



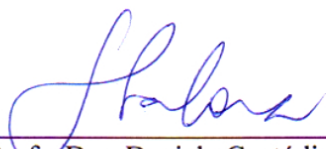
Prof. Dr. Roberto Célio Valadão -IGC/UFMG



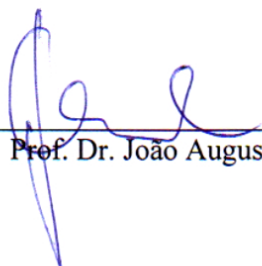
Prof. Dr. Bernardo Machado Gontijo -IGC/UFMG



Prof. Dra. Valéria Amorim do Carmo -IGC/UFMG



Prof. Dra. Daniela Custódio Talora -ESALQ/USP



Prof. Dr. João Augusto Madeira -MMA/ICMBio

Dedicatória

*“Abrir uma trilha é como fazer
uma cicatriz na própria mãe, na Mãe Terra.”
Lawrence Lechner*

Dedico este trabalho ao Professor e amigo Larry,
que guiou os meus primeiros e decisivos passos
neste vasto campo do conhecimento.

Agradecimentos

À Luciana, pelo amor, cumplicidade e ajuda, em todos os momentos da vida.

Aos meus pais, minha eterna dívida e admiração.

Aos meus numerosos irmãos, em especial a Graça Moura, por inspirar e suportar a minha curiosidade.

À professora Cristiane Valéria de Oliveira, minha orientadora, e ao professor Roberto Célio Valadão, por terem me despertado para a importância de um arquiteto saber olhar e entender um pouco mais a Terra.

Aos amigos Gisela Hermann, Patrícia Carvalho, Valéria Amorim, Chico (Francisco Neves de Carvalho), Sônia Rigueira e Thomas Hagenbrock, pela convivência e aprendizado conjunto durante importantes trabalhos relacionados em áreas protegidas.

Aos instrutores, hoje amigos e colegas, Larry Lechner e Yukie Kabashima, pela iniciação efetiva nos estudos sobre trilhas, pelas parcerias, e por muitas idéias compartilhadas a respeito das trilhas e infra-estrutura em áreas protegidas.

À todo pessoal do ICMBio, no PARNA Caparaó, em especial a Waldomiro Lopes, pela disponibilização de logística, pelo apoio fundamental à pesquisa e pelo sempre agradável acolhimento nas vertentes do Pico da Bandeira.

À Luciana Alt e aos amigos Sergim Castanheira, André Bernardes e Fred Lott, pela inestimável ajuda em trabalhos de campo.

À Nivia Vitalino, Bruno Debien e Ricardo Fonseca Filho, pela realização das análises de solo no Laboratório de Geomorfologia – IGC/ UFMG.

À João Hebert, pela disponibilização de equipamentos do CNPMS/ Embrapa Sete Lagoas – MG.

Resumo

As trilhas são equipamentos fundamentais para o funcionamento adequado das áreas protegidas. Apesar disto, tem sido despendidos poucos esforços técnicos e financeiros para subsidiar e efetivar o manejo e conservação destes importantes equipamentos. Existe carência na definição de meios efetivos, de diagnóstico e monitoramento de trilhas, que possam ser aplicados nas Unidades de Conservação brasileiras. O objetivo principal deste trabalho é gerar subsídios para definição de uma metodologia de diagnóstico e monitoramento de trilhas, focalizada em aspectos pedológicos e geomorfológicos, que possa atender a esta demanda.

Para desenvolvimento da pesquisa foram escolhidas, como estudo de caso, as trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, no Parque Nacional do Caparaó - MG. Os resultados principais permitiram a caracterização destes equipamentos, apontando um quadro de alterações ambientais acentuadas, na trilha com acesso pelo lado de Minas Gerais. Estas alterações são decorrentes do fluxo intenso de visitantes e permissão de utilização de mulas de carga. Já a trilha com acesso pelo lado do Espírito Santo apresentou-se mais conservada, principalmente em função do uso menos intenso e da não utilização de mulas de carga.

Foi possível a definição, e teste, dos indicadores ambientais aplicáveis aos processos de diagnóstico e monitoramento de trilhas no Parque, baseados em aspectos pedológicos e geomorfológicos. A partir destes resultados foi gerado um sistema gráfico e cartográfico de representação, que constitui uma importante ferramenta facilitadora da análise, compreensão e utilização dos resultados nas atividades de diagnóstico e monitoramento de trilhas no Parque Nacional do Caparaó. Este sistema mostrou grande potencial para aplicação em outras Unidades de Conservação brasileiras, já que foi baseado em aspectos e conceitos pedológicos e geomorfológicos abrangentes.

Palavras chave: trilhas, indicadores ambientais, monitoramento, Unidades de Conservação.

Abstract

Trails are basic equipment for the proper functioning of protected areas. Despite this, little effort has been spent to subsidize technical and financial resources and effective management of these important equipments in Brazil. There is a lack of effective methods in the diagnosis and monitoring of trails to be applied in the brazilian protected areas. The main goal of this work is to generate subsidies for development of methods to achieve this demand, focused on pedological and geomorphological aspects.

The access trails to the Pico da Bandeira, in the Caparaó National Park – MG, were chosen to develop the research. The main results allowed the characterization of these equipments, pointing a scope of environmental alterations on the track with access through the side of Minas Gerais. These alterations are due to the heavy flow of visitors and permission to load animals utilization. Otherwise the track with access through the side of the Espírito Santo state was more conserved, mainly due to less intense use and non use of load animals.

It was possible to define and to test environmental indicators, applicable to the processes of diagnosis and monitoring in the Park trails, based on pedological and geomorphological aspects. From these results it was created a graphic and cartographic system of representation, which constitutes an important tool to perform analysis, understanding and utilization of results related to trails diagnosis and monitoring in the Caparaó National Park. This system showed great potential for application in other brazilian protected areas, since it was based on comprehensive pedological and geomorphological concepts.

Keywords: trails, environmental indicators, monitoring, protected areas.

Lista de figuras

Figura 2.1 – Gráfico ilustrando os cinco eventos CBUC – Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação e participação dos trabalhos técnicos sobre trilhas.....	17
Figura 2.2 – Gráfico percentual de aspectos abordados nos trabalhos técnicos do I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas.....	19
Figura 2.3 – Croquis de blocos diagramas mostrando três situações distintas de posicionamento geométrico entre o leito de uma trilha e vertente, croquis elaborados pelo autor com base em conceitos expostos em Mackinnon (1990).....	22
Figura 2.4 – Diagrama da relação gradual entre os níveis de Capacidade de Carga, indo do mais permissivo (CCF) para o menos permissivo (CCE), esquema elaborado a partir de Cifuentes (1992).....	23
Figura 2.5 – Seção transversal esquemática de trilha, mostrando alguns indicadores medidos por Magro (1999) em relação à seção transversal da trilha. Croquis elaborado pelo autor a partir de Magro (1999).....	28
Figura 2.6 – Seção transversal e perfil longitudinal de trilha, mostrando alguns indicadores medidos por Magro (1999) em relação à seção transversal da trilha. Croquis elaborado pelo autor a partir de Magro (1999).....	28
Figura 2.7 – Esquema de medição da área da seção transversal de trilha e fórmula de cálculo correspondente, reproduzido de Magro(1999).....	27
Figura 2.8 – Diagrama de relação entre texturas do solo, índice de cobertura vegetal, fluxo superficial e infiltração de água, reproduzido de Lechner (2005).....	31
Figura 3.1 – Mapa esquemático de localização do Parque Nacional do Caparaó, elaborado a partir de MMA (2001).....	34
Figura 3.2 – Mapa topográfico da área de entorno do Parque Nacional do Caparaó, elaborado a partir de base contida em IBGE(1980) com limite da unidade de conservação adaptado de Carmo (2009).....	36
Figura 4.1 – Esquema de organização dos procedimentos metodológicos adotados.....	39
Figura 4.2 – Alterações e impactos observados na Trilha 1.....	41
Figura 4.3 – Imagem com a localização dos pontos de monitoramento (P1 a P19) e o traçado aproximado das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, em branco a Trilha 1, em amarelo a Trilha 2.....	42
Figura 4.4 – Sistema gráfico de barras de análise de trilhas, proposto por Moura <i>et al.</i> (2006).....	44
Figura 4.5 – Esquema de análise transversal da superfície do solo, desenvolvido para medição com base em pinos de análise de perda de solo e fio auxiliar para medição da geometria transversal do leito da trilha.....	47
Figura 4.6 – Esquema de medição da área da seção transversal.....	48
Figura 4.7 – Exemplos do método de medição usado em campo.....	49
Figura 4.8 – Seções transversais esquemáticas da trilha, mostrando a localização referencial utilizada para a coleta de amostras de solo.....	51

Figura 4.9 – Diagrama de determinação de classe textural de solo, segundo Soil Survey Staff, adaptado e traduzido pela Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ilustração reproduzida de Moniz (1972).....	52
Figura 4.10 – Vista da lateral da Trilha 1, próximo ao ponto de monitoramento P10.....	54
Figura 4.11 – Ficha utilizada para realização das entrevistas com visitantes.....	57
Figura 4.12 – Ficha utilizada para realização de entrevistas com funcionários.....	59
Figura 4.13 – Esquemas de perfis topográficos utilizados para identificação de trechos das Trilhas 1 e 2.....	60
Figura 5.1 – Trecho da Trilha 1, próximo ao Acampamento Terreirão, visto à direita da imagem, próximo ao Ponto 7.....	65
Figura 5.2 – Trecho inicial da Trilha 2.....	67
Figura 5.3 – Dados de análise ponto de monitoramento P1.....	73
Figura 5.4 – Dados de análise ponto de monitoramento P2.....	76
Figura 5.5 – Dados de análise ponto de monitoramento P3.....	78
Figura 5.6 – Dados de análise ponto de monitoramento P4.....	80
Figura 5.7 – Dados de análise ponto de monitoramento P5.....	82
Figura 5.8 – Dados de análise ponto de monitoramento P6.....	84
Figura 5.9 – Dados de análise ponto de monitoramento P8.....	86
Figura 5.10 – Dados de análise ponto de monitoramento P9.....	88
Figura 5.11 – Dados de análise ponto de monitoramento P10.....	90
Figura 5.12 – Dados de análise ponto de monitoramento P11.....	92
Figura 5.13 – Dados de análise ponto de monitoramento P13.....	94
Figura 5.14 – Dados de análise ponto de monitoramento P18.....	95
Figura 5.15 – Dados de análise ponto de monitoramento P14.....	98
Figura 5.16 – Dados de análise ponto de monitoramento P15.....	100
Figura 5.17 – Dados de análise ponto de monitoramento P16.....	101
Figura 5.18 – Dados de análise ponto de monitoramento P17.....	103
Figura 5.19 – Gráfico de variação de área de seção transversal inicial e final, Trilhas 1 e 2.....	105
Figura 5.20 – Gráficos de perfil dos visitantes entrevistados nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Idade; (c) e (d), Classificação por Gênero; (e) e (f) Local de procedência.....	115
Figura 5.21 – Gráficos de relação dos visitantes entrevistados com a UC, nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Tempo de permanência no Parque; (c) e (d), Número de visitas realizadas; (e) e (f), Locais visitados durante a permanência.....	117

Figura 5.22 – Gráficos de perfil de dinâmica de visitação nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Tamanho de grupos; (c) e (d), Utilização de acampamentos; (e) e (f), Utilização do serviço de guias, (g) Utilização do serviço de mulas.....	119
Figura 5.23 – Gráficos de aspectos de utilização das Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Período de subida ao Pico; (c) e (d), Existência de dúvidas no caminho; (e) e (f), Recursos utilizados para orientação; (g) e (h), Opinião sobre sinalização existente.....	121
Figura 5.24 – Gráficos de identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhamento e problemas físicos nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Irregularidades de piso; (c) e (d), Inclinação elevada; (e) e (f), Riscos de queda...	123
Figura 5.25 – Gráficos de perfil dos funcionários entrevistados, considerando: (a) Idade; (b) Gênero; (c) Procedência e (d) Participação em atividades de manutenção.....	124
Figura 5.26 – Gráficos de aspectos de utilização das trilhas, considerando: (a) Ocorrência de dúvidas em relação ao caminho a seguir; (b) Estruturas utilizadas para orientação; (c) Avaliação da qualidade da sinalização das trilhas.....	125
Figura 5.27 – Gráficos de identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhamento e problemas físicos nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) Irregularidades de piso; (b) Declividade acentuada; (c) Riscos de queda.....	126
Figura 5.28 – Sistema gráfico de barras de análise – Trilha 1.....	128
Figura 5.29 – Sistema gráfico de barras de análise – Trilha 2.....	129
Figura 5.30 – Imagens do ponto de monitoramento P2.....	130

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Características de bons indicadores ambientais em trilhas, reproduzido de Lechner (2005).....	26
Tabela 2.2 – Características de bons padrões de avaliação de indicadores ambientais, reproduzido de Lechner (2005).....	27
Tabela 2.3 – Listagem e avaliação da efetividade de alguns dos indicadores ambientais utilizados por Magro (1999) para a avaliação de impactos na Trilha Rebouças-Sede, Parque Nacional do Itatiaia e indicados por Lechner (2005).....	32
Tabela 4.1 – Comparação entre condições de manejo das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó.....	41
Tabela 5.1 – Classes de declividade – Trilha 1.....	61
Tabela 5.2 – Classes de declividade – Trilha 2.....	62
Tabela 5.3 – Variação de larguras do leito da Trilha 1 e classes correspondentes.....	63
Tabela 5.4 – Variação de larguras do leito da Trilha 2 e classes correspondentes.....	64
Tabela 5.5 – Classes indicando presença de caminhos alternativos para a Trilha 1.....	64
Tabela 5.6 – Classes indicando presença de caminhos alternativos para a Trilha 2.....	66
Tabela 5.7 – Declividades paralelas, transversais e razão entre declividades paralelas e transversais dos pontos de monitoramento, Trilha 1.	69
Tabela 5.8 – Classes de contextualização da trilha na vertente, Trilha 1.....	69
Tabela 5.9 – Declividades paralelas, transversais e razão entre declividades paralelas e transversais dos pontos de monitoramento, Trilha 2.	70
Tabela 5.10 – Classes de contextualização da trilha na vertente, Trilha 2.....	70
Tabela 5.11 – Análises de solo do ponto de monitoramento P1.....	73
Tabela 5.12 – Análises de solo do ponto de monitoramento P2.....	76
Tabela 5.13 – Análises de solo do ponto de monitoramento P3.....	78
Tabela 5.14 – Análises de solo do ponto de monitoramento P4.....	80
Tabela 5.15 – Análises de solo do ponto de monitoramento P5.....	82
Tabela 5.16 – Análises de solo do ponto de monitoramento P6.....	84
Tabela 5.17 – Análises de solo do ponto de monitoramento P8.....	86
Tabela 5.18 – Análises de solo do ponto de monitoramento P9.....	88
Tabela 5.19 – Análises de solo do ponto de monitoramento P10.....	90
Tabela 5.20 – Análises de solo do ponto de monitoramento P11.....	92
Tabela 5.21 – Análises de solo do ponto de monitoramento P13.....	94

Tabela 5.22 – Análises de solo do ponto de monitoramento P18.....	96
Tabela 5.23 – Análises de solo do ponto de monitoramento P14.....	98
Tabela 5.24 – Análises de solo do ponto de monitoramento P15.....	100
Tabela 5.25 – Análises de solo do ponto de monitoramento P16.....	102
Tabela 5.26 – Análises de solo do ponto de monitoramento P17.....	104
Tabela 5.27 – Classes de variação absoluta da área da seção transversais, considerando valores finais, Trilhas 1 e 2.	106
Tabela 5.28 – Classes de variação relativa da área da seção transversal entre valores iniciais e finais, Trilhas 1 e 2.....	107
Tabela 5.29 – Classificação textural das amostras do leito da trilha e classes de propensão à erosão em função da textura, Trilhas 1 e 2.	110
Tabela 5.30 – Valores de Razão GF e classes correspondentes, Trilhas 1 e 2.....	111
Tabela 5.31 – Valores de Razão O e Classes de alteração correspondentes, Trilhas 1 e 2.....	113
Tabela 5.32 – Avaliação da efetividade de aplicação dos indicadores ambientais, com base nos resultados obtidos nos estudos realizados nas trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó.....	131

Lista de siglas

AT – argila total

ADA – argila dispersa em água

CBUC – Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação

CCE – Capacidade de Carga Efetiva

CCF - Capacidade de Carga Física

CCR – Capacidade de Carga Real

CCT – Capacidade de Carga Turística

CO – carbono orgânico

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

GF – grau de floculação

LAC – Limits of Acceptable Change

PARNA – Parque Nacional

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

VIM - Visitor Impact Management

UC – Unidade de Conservação

Sumário

1. Introdução	14
2. Referencial bibliográfico	17
2.1 Trilhas e eventos científicos	17
2.2 Trilhas e Unidades de Conservação	19
2.3 Métodos de determinação de capacidade de carga, critérios de análise de trilhas e suas implicações	20
2.4 Indicadores Ambientais aplicáveis ao planejamento e manejo de trilhas	25
3. Caracterização da Área de Estudo – Parque Nacional do Caparaó	33
4. Material e métodos	39
4.1. Indicadores ambientais adotados no monitoramento	43
5. Resultados e discussão	61
5.1. Mapeamento de declividade	61
5.2. Variação da largura do leito da trilha	62
5.3. Presença de caminhos alternativos	64
5.4. Contextualização da trilha na vertente	68
5.5. Área da seção transversal e análise de solos	71
5.6. Percepção dos visitantes e funcionários da Unidade de Conservação	114
5.6.1. Entrevistas com visitantes	114
5.6.2. Entrevistas com funcionários da unidade de conservação	124
5.7 Resultados finais	127
6. Considerações finais e recomendações	133
7. Referências bibliográficas	137
Anexo I	143

1. Introdução

As trilhas eram vistas simplesmente como caminhos, antes da oficialização das áreas protegidas¹ como instrumentos fundamentais de conservação ambiental, no século XIX. Existiram inúmeros caminhos referenciais no Mundo Antigo, na Idade Média e na Renascença. Seja por motivos estratégicos, sócio-econômicos ou religiosos estas trilhas primordiais foram, e ainda são conhecidas pelo seu papel: a rede de caminhos Incas, no Peru, o passo de Termópilas, na Grécia Antiga, ou o Caminho do Peabiru, no Sul do Brasil são exemplos desta forma essencial de interligação do território, certamente tão antiga quanto a humanidade.

Com o surgimento dos jardins urbanos, durante a Renascença, as trilhas passam a ser caminhos de passeio em meio à natureza humanizada, uma porção do mundo natural inserida no meio do tecido urbano. Foi, talvez, a primeira vez que as trilhas deixaram seu papel exclusivo de caminhos utilitários, de interligação, assumindo uma função contemplativa e recreativa.

Em fins do século XIX, no mundo já em franca modernidade e industrialização acelerada, as trilhas continuaram a ser importantes vias de ligação, principalmente em lugares ainda sem o advento das estradas de ferro, ou mais tarde, das rodovias. Com o desenvolvimento das áreas protegidas as trilhas passaram também a ser caminhos onde os visitantes podem vivenciar os momentos junto à natureza, numa experiência ambiental autêntica que gradativamente mudou a forma como o homem enxerga o mundo natural e seus processos. Neste momento, elas passaram a ser locais de contemplação e experimentação de atributos ambientais excepcionais. A simples função de ligação geográfica foi definitivamente transcendida.

A partir do desenvolvimento e implementação das inúmeras áreas protegidas no mundo e no Brasil, as trilhas passaram a ser parte integrante da infra-estrutura de uma unidade de conservação, sendo os equipamentos onde os visitantes passam a maior parte do seu tempo de contato com a área. Nas Unidades de Conservação, considerando a categoria Parque (SNUC, 2004), onde

¹ No Brasil é adotado o termo *Unidade de Conservação (UC's)* para as áreas naturais protegidas, que são comumente chamadas no exterior de *Áreas Protegidas*.

a visitação é uma das funções básicas, as trilhas não só possibilitam ações como controle e manejo ambiental, combate a incêndios e pesquisa científica, mas também são a via ou interface entre os visitantes e o ambiente natural. Ao chegar em um Parque Nacional, seguindo um roteiro teórico ideal, um visitante passa pela portaria, vivencia alguns momentos no Centro de Visitantes, onde toma contato com as características específicas da Unidade, suas normas de conduta e atrativos, para, a partir daí programar seu dia de visitação. A partir deste momento todo o tempo restante é passado em alguma trilha. Sem dúvida as trilhas estão entre os equipamentos mais importantes na gestão de uma área protegida.

A despeito disto, no Brasil, só a partir do final do século XX, as trilhas têm tomado lugar na literatura científica relacionada aos estudos em unidades de conservação². Do ponto de vista de investimentos financeiros, a maior parte dos recursos públicos e privados, gastos em infra-estrutura de unidades de conservação no Brasil, é aplicada em edificações e outros equipamentos. Somente na década de 1990, começaram a despontar projetos onde o planejamento e manejo de trilhas passa a ser uma demanda da gestão de unidades de conservação.

A escolha do tema deste trabalho fica, portanto, justificada pela importância das trilhas dentro da gestão de unidades de conservação e da incipiência dos estudos existentes no Brasil. A literatura científica brasileira, dentro do tema planejamento e manejo de trilhas, é ainda incipiente, concentrando-se nos métodos de cálculo numérico de capacidade de carga, na descrição de problemas e projetos específicos. Pouco se avançou na discussão teórica e metodológica sobre quais devem ser os fatores ambientais efetivos, utilizados nos diagnósticos, planejamento e manejo de trilhas, dentro do contexto brasileiro. As metodologias utilizadas hoje em dia nos estudos de trilhas foram desenvolvidas em outros países, com outros contextos ambientais e sócio-econômicos. A literatura carece de análises sobre a real pertinência destes métodos para as Unidades de Conservação do Brasil.

A primeira questão colocada é: (a) os rumos metodológicos atuais, centrados na determinação numérica da capacidade de carga, são um

² O primeiro evento científico realizado no Brasil exclusivamente dedicado ao estudo de trilhas aconteceu em novembro de 2006, no Rio de Janeiro, o I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas.

instrumento efetivo para o planejamento e manejo de trilhas em unidades de conservação? Pode-se colocar outra questão: (b) quais são os indicadores e parâmetros ambientais efetivos para o subsídio aos processos de diagnóstico, planejamento e manejo de trilhas, considerando-se a realidade brasileira? E finalmente uma terceira questão: (c) como aplicar estudos acadêmicos, realizados nas trilhas, criando soluções práticas para o diagnóstico, planejamento e manejo das trilhas no Brasil?

O objetivo central deste trabalho é, portanto, gerar subsídios para definição de uma metodologia de diagnóstico e monitoramento de trilhas, focalizada em aspectos pedológicos e geomorfológicos, aplicável à realidade de manejo das unidades de conservação brasileiras. Os objetivos secundários são: (a) caracterizar as trilhas, objeto do estudo de caso proposto – as trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, no Parque Nacional do Caparaó - MG; (b) definir e testar indicadores ambientais, aplicáveis ao diagnóstico de problemas e monitoramento de trilhas, usando como base o estudo de caso proposto; (c) elaborar uma representação gráfica dos resultados, que facilite seu entendimento e utilização pelo pessoal das unidades de conservação.

A partir destas questões levantadas e definição de objetivos a seguinte hipótese foi elaborada: a utilização de indicadores ambientais, focalizados em aspectos pedológicos e geomorfológicos, combinados a recursos cartográficos e gráficos, é uma base metodológica adequada e aplicável ao planejamento e manejo de trilhas, dentro da realidade de gestão das unidades de conservação brasileiras.

2. Referencial bibliográfico

2.1 Trilhas e os eventos científicos

A literatura sobre planejamento e gestão de áreas protegidas já é extensa, em nível mundial e nacional, mas a literatura sobre planejamento e manejo de trilhas é bem mais restrita. Buscando comprovar esta constatação tomou-se como referência a participação do assunto “planejamento e manejo de trilhas” nos eventos científicos mais recentes, em âmbito nacional e latino-americano, relacionados ao manejo de áreas protegidas e conservação da natureza.

Em âmbito nacional, considerou-se como referência o evento contínuo de maior importância para o planejamento e manejo de áreas protegidas – o CBUC – Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Percebe-se, que a proporção de trabalhos técnicos que tratam do tema “planejamento e manejo de trilhas”, nos cinco eventos CBUC, é muito baixa, mostrando a fraca inserção deste assunto nestes eventos consecutivos, de grande relevância em âmbito nacional (Figura 2.1).

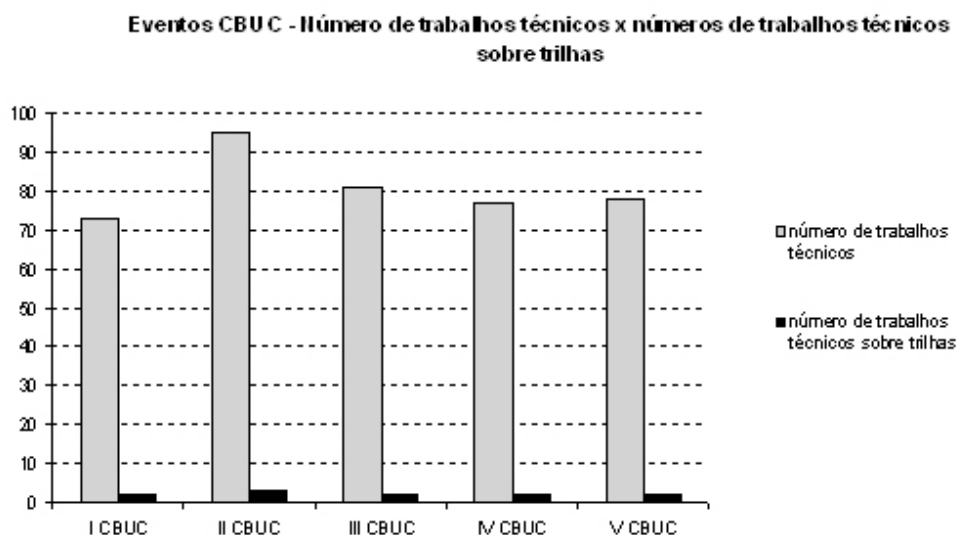


Figura 2.1 – Gráfico ilustrando os cinco eventos CBUC – Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação e a participação dos trabalhos técnicos sobre trilhas. A proporção absoluta entre o número de trabalhos técnicos apresentados e o número de trabalhos técnicos sobre trilhas apresentados. Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir de CBUC, 1997; II CBUC, 2000; III CBUC, 2002; IV CBUC, 2004 e V CBUC, 2007.

Tomando como base a realidade latino-americana a proporção da inserção de trabalhos técnicos relacionados com as trilhas é menor, pois no II Congresso

Latinoamericano de Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas, realizado em setembro/outubro de 2007, em Bariloche - Argentina, foram apresentadas 667 exposições orais e seus respectivos resumos, como trabalhos técnicos, onde apenas três tratam do tema “trilhas” (II CONGRESO LATINOAMERICANO DE PARQUES NACIONALES, 2007).

Com estes exemplos, de versões recentes de eventos já consolidados, e de amplo alcance, percebe-se que a produção e inserção dos trabalhos técnicos que tratam de planejamento e manejo de trilhas, ainda é incipiente em nível nacional e latino-americano.

Recentemente ocorreu o primeiro evento científico, de âmbito nacional, dedicado exclusivamente às trilhas, o I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas, realizado no Rio de Janeiro – RJ, em novembro de 2006. A realização deste evento vem demonstrar que, apesar da incipiência do assunto, existe massa crítica de trabalhos técnicos na área e demanda por uma maior inserção do assunto nas discussões relativas ao manejo de espaços naturais, protegidos ou não (I CONGRESSO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS, 2006).

Analisando-se a distribuição de trabalhos deste evento, observa-se que existe uma nítida concentração, de quase metade dos trabalhos técnicos apresentados neste evento internacional, na análise dos aspectos físicos, de infra-estrutura e manejo das trilhas. Percebe-se também que os aspectos relativos ao uso público, educação e interpretação ambiental também tiveram lugar de destaque nas discussões, mas em menor escala. Já os aspectos bióticos, impactos ambientais e estudos de uso público associado a uma análise do turismo tiveram uma penetração mais baixa no contexto deste evento. Estas constatações mostram que existiu uma preocupação maior com aspectos estruturais e de gestão das trilhas. Esta concentração em demandas por soluções práticas é natural, pois o planejamento e manejo de trilhas só tem ganhado algum espaço nos eventos científicos recentemente, e este espaço foi aberto pela necessidade de estudos que apontem direções práticas e aplicáveis para o manejo de trilhas em áreas protegidas (Figura 2.2).

Observou-se, neste evento, um reflexo do estado atual dos estudos sobre planejamento e manejo de trilhas no Brasil: existe uma forte demanda pela solução de aspectos físicos e de manejo.

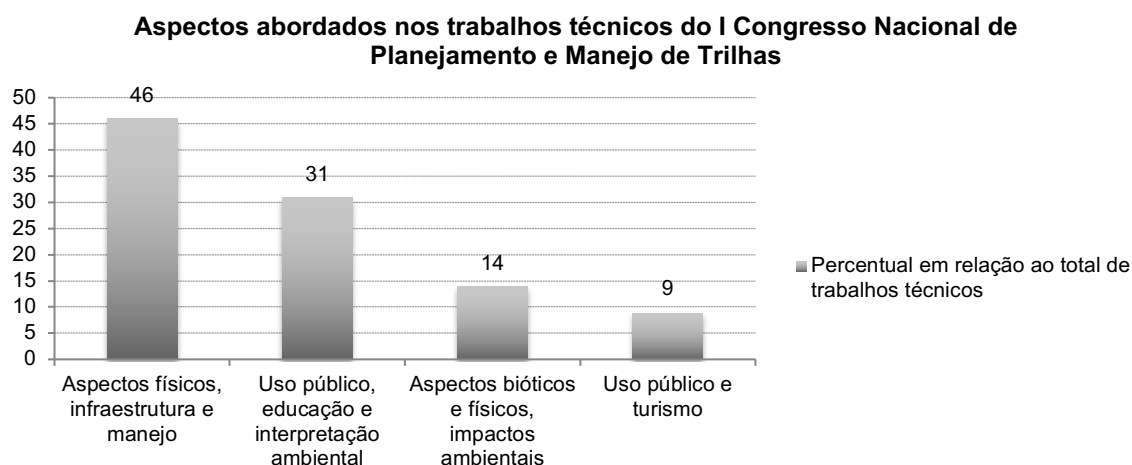


Figura 2.2 – Gráfico percentual de aspectos abordados nos trabalhos técnicos do I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas. Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir de I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas, 2006.

2.2 Trilhas e Unidades de Conservação

Dentro do conjunto de equipamentos das Unidades de Conservação brasileiras, as trilhas certamente estão entre os elementos mais importantes e mais diretamente ligados às atividades de uso público, proteção/fiscalização e pesquisa. A experiência mundial mostra que as trilhas estão entre os mais efetivos e acessíveis meios para o controle ambiental de terras públicas e privadas. Através delas, os gestores podem encorajar a visita a certas áreas e limitar o acesso a outras (BIRKBY, 2005). Nos Estados Unidos, trilhas de longo percurso³, como a Appalachian Trail, atravessam áreas protegidas, de domínio público, e terras particulares, formando um corredor de ligação que permite uma experiência contínua de contato com os ambientes naturais. Hoje, grande parte do percurso está inserido numa sucessão linear de áreas naturais protegidas de domínio público e privado. Mas a idéia do percurso, materializado na trilha, nasceu antes desta proteção ambiental, motivou sua criação e hoje a Appalachian Trail é um equipamento que facilita o uso público do ambiente natural. Este caso ilustra como uma trilha de centenas de quilômetros, estabelecida regionalmente

³ No âmbito deste estudo considera-se trilha de longo percurso uma trilha que exige pelo menos uma pernoite para ser completada sua extensão. As trilhas de longo percurso englobam exemplos de dezenas de quilômetros, chegando até exemplos de milhares de quilômetros, como o Sistema Senderos de Chile.

na década de 1930, se converteu em um importante equipamento de proteção, controle e manejo ambiental (BIRCHARD; PROUDMAN, 2000).

Dentro do contexto de planejamento das Unidades de Conservação brasileiras, as trilhas têm sido contempladas teoricamente como importantes equipamentos para a gestão, possibilitando o funcionamento da área protegida. Especialmente nos Parques Nacionais, classe de Unidade de Conservação que inclui como objetivos principais proporcionar atividades de visitação, educação ambiental e a recreação em contato com a natureza (SNUC, 2004), o levantamento e inclusão da malha de trilhas existente é fundamental. Dentro da gestão dos Parques Nacionais, o conhecimento, planejamento de utilização e manejo da malha de trilhas é importante para o funcionamento da Unidade de Conservação, sendo parte importante do roteiro para Planos de Manejo de Parques Nacionais (GALANTE, 2002).

No Brasil, praticamente todas as áreas protegidas já foram ou ainda são utilizadas por populações tradicionais em diversas atividades como extrativismo, ligação entre localidades, acesso à água, a atrativos naturais e culturais. Em diversas situações as trilhas facilitam a realização de atividades ilegais e prejudiciais como caça e extração não permitida, por exemplo de madeira, minerais ou vegetais. Durante o planejamento de uma Unidade de Conservação é fundamental entender que a área já vem sendo utilizada e deve-se levar em conta os padrões de usos tradicionais instalados, de forma a buscar oportunidades, potenciais, exercendo um controle benéfico para o ambiente, buscando o controle e minimização de impactos ambientais (LECHNER, 2005). Portanto, as Unidades de Conservação, ao serem decretadas, na maioria das vezes já possuem uma malha de trilhas instalada e em uso contínuo. Esta situação é bastante peculiar e delicada, pois, ao se planejar a gestão das trilhas de uma UC deve-se partir de uma situação de utilização histórica e tradicional das trilhas para uma situação de uso institucional voltada para a conservação da natureza.

2.3. Métodos de determinação de capacidade de carga, critérios de análise de trilhas e suas implicações

A partir da década de 1990, foram intensificados os estudos de capacidade de carga como base para decisões de planejamento e manejo trilhas. Segundo

Ceballos-Lascuráin (1996) capacidade de carga é: “*o máximo nível de utilização humana que uma área pode manter, sem apresentar deterioração ambiental*”. Um conceito anterior, e mais completo, define capacidade de carga como: “*a quantidade e característica de uso que um determinado local ou área pode sustentar, sobre um determinado período de tempo, sem causar alterações ou mudanças inaceitáveis ao ambiente físico ou na qualidade da experiência do visitante*” (LIME, 1978). Nos dois conceitos expostos nota-se que a capacidade de carga é associada a um limite suportável para o uso de uma área, que se ultrapassado vai ocasionar deterioração ambiental e de condições de visitação. O maior problema nestes conceitos é como estabelecer o limite, em aspectos qualitativos e quantitativos.

Em qualquer estudo de capacidade de carga um dos primeiros passos é eleger o que deve ser medido, ou seja, quais são as variáveis que serão úteis para estabelecer os limites suportáveis do ambiente. No caso das trilhas em geral a primeira variável que é analisada nos estudos de capacidade de carga é a declividade. É uma informação acessível e fácil de ser medida usando-se o perfil topográfico da trilha, ou, mais precisa e corretamente, um clinômetro em campo. A tendência é que os estudos de capacidade de carga considerem a declividade como variável que, por si mesma, indica maior ou menor propensão à erosão (MACKINNON, 1990, CIFUENTES, 1992 e 1996). Porém, as visões sistêmicas da pedologia e geomorfologia indicam que medir a erodibilidade de um ponto, pertencente a uma trilha, envolve um quadro mais complexo de interação entre processos físicos, que não pode ser somente traduzido e medido através da declividade.

Tomando como base uma análise pedológica, a determinação de erodibilidade passaria obrigatoriamente pelo estudo das propriedades físicas do solo como: textura, estrutura, cobertura vegetal, teor de matéria orgânica e nível de compactação (JORGE, 1985). Já numa análise geomorfológica a avaliação de erodibilidade de uma trilha seria decorrência do estudo de dinâmica da(s) vertente(s) onde a trilha se localiza. Nesta abordagem sistêmica da geomorfologia são combinadas análises de: estabilidade e forma da vertente, propriedades do solo e das rochas, processos de movimento gravitacional de massa e análises da interação da água com processos erosivos (SUMMERFIELD, 1991; CUNHA; GUERRA, 2006).

Já Mackinnon (1990) considera a declividade de uma trilha, combinada à posição relativa desta na vertente como forma de determinar graus de propensão à erosão. Neste exemplo, os critérios relevantes para análise de trilhas em áreas protegidas, constituindo a base para seu planejamento e manejo, são a determinação de classes de declividade no percurso e a posição da trilha em relação à vertente, relação que determinaria a maior ou menor propensão ao desenvolvimento de processos erosivos (Figura 2.3). O estudo apresenta uma abordagem interessante e útil, pois combina a declividade a conceitos de geomorfologia dinâmica.

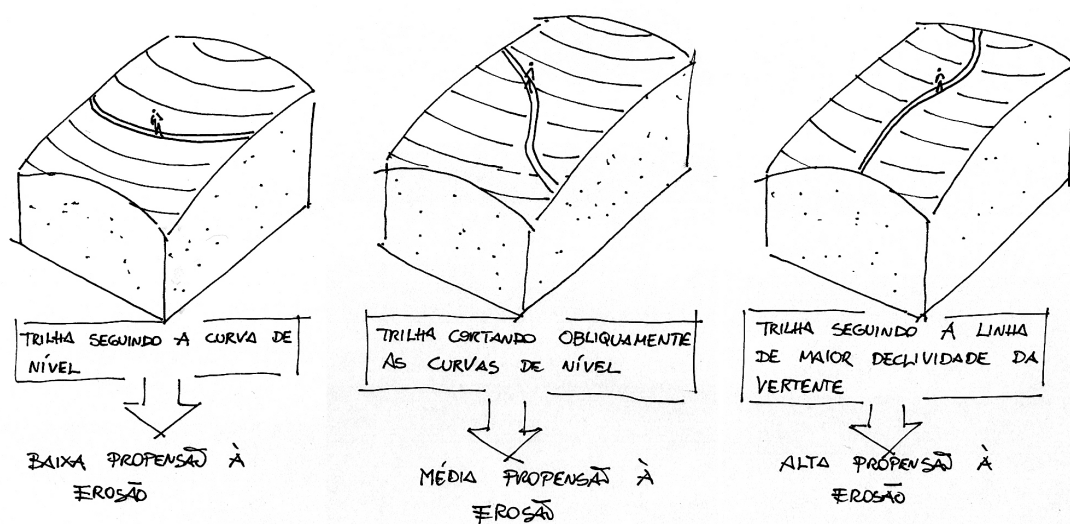


Figura 2.3 – Croquis de blocos diagramas mostrando três situações distintas de posicionamento geométrico entre o leito de uma trilha e vertente, croquis elaborados pelo autor com base em conceitos expostos em Mackinnon (1990).

Comparando o conceito utilizado por Mackinnon (1990) com a abordagem geomorfológica do estudo de dinâmica de vertentes exposto por Summerfield (1991) percebe-se que o primeiro autor foi além de simplesmente considerar declividade como fator determinante para a erodibilidade. Mas esta abordagem analisa a dinâmica dos processos erosivos ainda de forma reducionista e não contempla outros fatores ambientais ligados às análises físicas, bióticas e antrópicas, como: propriedades físicas dos solos, interação da vegetação com dinâmicas de erosão e análise da intensidade de uso.

Um estudo referencial, e emblemático, para os cálculos de capacidade de carga em trilhas constitui um método de análise mais complexo, chamado de método CCT – Capacidade de Carga Turística, que considera principalmente

variáveis de uso público associadas às do meio físico (CIFUENTES, 1992, 1999). Um avanço importante desta metodologia foi colocar o cálculo de capacidade de carga em três níveis distintos. O Cálculo de Capacidade de Carga Física (CCF) origina um valor mais permissivo que o Cálculo de Capacidade de Carga Real (CCR), que por sua vez origina um valor mais permissivo que o Cálculo de Capacidade de Carga Efetiva (CCE). O CCE envolve a capacidade de manejo, determinada por aspectos ligados à gestão da área em questão. Esta relação gradual de permissividade se mostra de acordo com o diagrama da Figura 2.4.

$$\text{CCF} \geq \text{CCR} \geq \text{CCE}$$

Figura 2.4 – Diagrama da relação gradual entre os níveis de Capacidade de Carga, indo do mais permissivo (CCF) para o menos permissivo (CCE), esquema elaborado a partir de Cifuentes (1992).

Dentro do método Capacidade de Carga Turística, em seu critério claramente conservacionista, a etapa inicial do cálculo é a obtenção da capacidade de carga física (CCF), onde teoricamente o ambiente suporta um uso mais intenso do que o real ($\text{CCF} \geq \text{CCR}$). Mas ao considerar um limite aceitável na prática de manejo deve-se ser ainda mais conservador e admitir uma capacidade de carga efetiva abaixo da real ($\text{CCR} \geq \text{CCE}$). Esta noção é importante, primeiro por tornar mais completo o conceito de capacidade de carga, e segundo por admitir uma margem de segurança progressiva para estabelecer fatores de correção e limites de uso dentro de uma área protegida. O cálculo de capacidade de carga física (CCF) leva em conta um aspecto morfológico simples da trilha, a extensão, em função do tempo de uso. O cálculo de capacidade de carga real (CCR) usa critérios de correção como erodibilidade, fechamentos temporários, precipitação, graus de insolação, fator social (gestão de grupos de visitantes), acessibilidade e outros, em relação ao cálculo de capacidade de carga física (CCF). O cálculo de capacidade de carga efetiva (CCE) leva em conta a capacidade de manejo da trilha, na forma de condições de pessoal, infra-estrutura e equipamentos, gerando um fator de correção em relação à capacidade de carga real (CCR).

O método CCT utiliza aspectos de gestão de fluxo de visitação, ou dinâmica de uso público, associados a parâmetros de análise ambiental do meio físico e biótico. São analisados e ponderados principalmente aspectos de: (a) dinâmica e intensidade de uso, (b) área útil da trilha, (c) erodibilidade e (d) acessibilidade. Nos aspectos bióticos focaliza principalmente a variável de perturbação na dinâmica natural da fauna, causada pelas atividades de visitação. Este exemplo de metodologia integra um amplo conjunto de fatores ambientais e de gestão, e é muito utilizada e citada na literatura, porém também aborda o problema dos processos erosivos de forma superficial. Para calcular a erodibilidade, a metodologia considera somente a medição da declividade como indicador, estabelecendo três classes: declividade menor que 10% - baixa erodibilidade, declividade entre 10 e 20% - média erodibilidade, declividade maior que 20% - alta erodibilidade. Levando-se em conta os conceitos sistêmicos e de interação de processos físicos estudados na pedologia e geomorfologia contemporâneas, o método CCT é bastante incompleto e reducionista, no que diz respeito à consideração sobre um dos maiores problemas no manejo de trilhas, a erosão do solo (JORGE, 1985; SUMMERFIELD, 1991; CUNHA; GUERRA, 2006).

Outros métodos de estudos de capacidade de carga, utilizados no Brasil, como o LAC – Limits of Acceptable Change (STANKEY, 1985) e o VIM - Visitor Impact Management (KUSS, 1990), se concentram menos na determinação numérica da capacidade de carga e mais na análise e planejamento do manejo com base na avaliação de impactos ambientais. O método VIM enfatiza a avaliação das possíveis causas dos impactos inaceitáveis, já o LAC focaliza a identificação das condições naturais da área de estudo e como lidar com os anseios e preferências dos visitantes (TAKAHASHI, 1998). Em relação ao planejamento e manejo de trilhas os métodos LAC e VIM são mais aplicáveis do que o CCT, pois abrem caminho para uma escolha e desenvolvimento versátil e ampla de indicadores ambientais e de respectivos métodos de monitoramento, com o intuito principal de gerar decisões de manejo.

A tendência observada é que, a partir do desenvolvimento do conceito de capacidade de carga e dos métodos de estudo correlatos, começaram a surgir trabalhos que buscam uma análise ambiental ampla.

Em um estudo de caso, na Trilha da Capivara, no PARNA de Brasília, foram identificados os principais problemas ambientais na trilha existente,

realizando um diagnóstico com objetivo de direcionar as ações corretivas (HORIWITZ, 2000). Os principais impactos identificados foram relacionados a alterações na porosidade do solo (compactação), desenvolvimento de processos erosivos, aspectos de intensidade de uso e alteração da dinâmica da flora e fauna. Este estudo trouxe uma gama de análise ampla e gerou boas diretrizes para o manejo da trilha. Porém, seus resultados foram específicos e não houve preocupação com o desenvolvimento de uma metodologia de análise sistemática.

Os estudos de capacidade de carga apresentam um avanço em relação à criação de ferramentas para o planejamento e manejo de trilhas, pois se baseiam na eleição de variáveis ambientais, no monitoramento destas e na obtenção de limites numéricos para o manejo das trilhas, dentro de condições ambientais aceitáveis. O primeiro problema recai na escolha das variáveis, pois nem sempre a gama que é escolhida traduz a complexidade dos processos ambientais envolvidos. Um exemplo disso é a simplificação citada da relação direta entre a declividade e a erodibilidade. Um problema recorrente dos estudos de capacidade de carga é que o foco recai sobre a obtenção do *número mágico*, e não sobre as variáveis que deram origem ao seu cálculo, e que podem ser monitoradas como indicadores ambientais dinâmicos.

2.4. Indicadores Ambientais aplicáveis ao planejamento e manejo de trilhas

Atualmente, no campo dos estudos de impactos ambientais, os indicadores ambientais têm uso crescente em planejamento e gestão ambiental, sendo úteis em várias partes dos estudos de impacto: no diagnóstico, previsão e monitoramento. Entre as características principais dos indicadores ambientais podem ser citadas: (a) capacidade de ser medido e (b) capacidade de se relacionar e traduzir um processo ou fenômeno ambiental (SANCHEZ, 2006).

No caso específico das trilhas o monitoramento dos indicadores ambientais é fundamental para o manejo. Lechner (2005) afirma que métodos como o VIM e LAC foram desenvolvidos com base no uso de indicadores ambientais. Na Tabela 1 são expostas as características dos indicadores ambientais aplicáveis ao monitoramento de trilhas.

Dentre as características expostas na Tabela 2.1, considera-se que as mais importantes em termos práticos são: sensibilidade do indicador, mensurabilidade e integração com os objetivos de manejo. Os conceitos expostos

por Lechner (2005) estão embasados no conceito genérico de indicador ambiental, colocado por Sanches (2006) mas aplicados de forma racional ao conceito das atividades de monitoramento de trilhas.

Tabela 2.1 – Características de bons indicadores ambientais em trilhas, reproduzido de Lechner (2005)

Característica	Explicação	Exemplo
Especificidade e sensibilidade do indicador	Os indicadores são úteis apenas à medida que relatam condições específicas que podem ser correlacionadas com intervenções humanas. Esses indicadores sugerem as condições que podem ser mudadas ou alteradas para possibilitar as condições futuras desejadas. As mudanças no indicador refletem as intervenções de manejo	• Alargamento de trilhas em áreas enlameadas; • Trançado de trilhas.
Sensibilidade do indicador	Os indicadores devem ser sensíveis às mudanças em curtos períodos de tempo. No caso de uma trilha, uma estação seria um horizonte de tempo razoável	• Erosão do leito da trilha; • Bloqueio da borda crítica.
Mensurabilidade	Os indicadores de trilhas devem ser medidos fácil, confiável e viavelmente em campo por não-especialistas. As descrições das medidas devem ser feitas cuidadosamente, e entendidas pelo pessoal de campo	• % de erosão; • Profundidade do piso das trilhas; • % de raízes expostas; • Comprimento de borda crítica.
Integração com os objetivos de manejo	Os indicadores devem ser ligados ao zoneamento de recreação e à oportunidade de experiências recreacionais que se pretende atingir.	• Número de encontros; • Número de riscos; • Condições gerais da trilha.
Refletir mais do que uma condição de impacto	O indicador deve refletir algo que é de importância para o visitante ou para os objetivos de manejo	• Erosão do piso; • Condição dos degraus; • Riscos.
Importância	O indicador deve refletir algo que seja de importância para o visitante ou os objetivos de manejo	• Erosão do piso da trilha; • Condição dos degraus; • Perigos; • Condições da sinalização; • Condição das pontes.

Os indicadores ambientais somente funcionam se tivermos padrões de avaliação do que estamos observando. Estes padrões são definidos como níveis de aceitabilidade do que estamos observando na dinâmica dos indicadores. Os padrões refletem diretamente as condições de manejo de cada unidade de conservação, levando-se em conta fatores regionais específicos como clima, sazonalidade e outros (LECHNER, 2005). Na Tabela 2.2 vemos que na análise de padrões estabelecidos dentro do manejo de uma trilha as características fundamentais se relacionam a limites e parâmetros: (a) quantitativos, (b) de tempo e (c) de condições futuras, ou ideais, a serem alcançadas no manejo de uma trilha.

A noção de padrão, combinada ao uso de indicadores ambientais a serem monitorados tem real potencial como instrumento de gestão das trilhas nas unidades de conservação brasileiras.

A partir de meados da década de 1990 têm sido desenvolvidos importantes trabalhos em áreas protegidas brasileiras, com escolha e monitoramento de indicadores ambientais em trilhas. A seguir alguns destes indicadores, utilizados nos estudos de trilhas, são apresentados e discutidos segundo a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

Tabela 2.2 – Características de bons padrões de avaliação de indicadores ambientais, reproduzido de Lechner (2005).

Característica	Explicação	Exemplo
Ser quantificável	Um bom padrão deve ser quantificável e definir condições, estados ou impactos aceitáveis. As quantidades devem ser expressas em números ou descrições específicas	• Não mais de três metros contínuos de rachaduras nas trilhas; • Não mais de 20% de sedimentação em uma vala de drenagem; • Nenhum degrau falhado em uma escada de pedras.
Intervalo de tempo	Acrescentar a dimensão de tempo define melhor o padrão, enquanto reconhece a variação de condições	• 20% de probabilidade de encontros durante a fase de pico de usos; • Não mais que 20 trabalhos de reparos/km de trilha/estação.
Ser alcançável	Os padrões devem refletir realisticamente as condições futuras que devem ser alcançadas	• Menos do que três resgates/ 30 km de trilha por ano.
Ser orientado para fornecer informações	Os padrões devem focar as condições futuras desejadas, e não ações de manejo ou como elas são alcançadas. Isto permite uma resolução flexível de problemas e mantém o foco fora das ações de manejo	• Trilhas utilizáveis com menos de 10% de erosão/km/ano

Magro (1999) utilizou uma série de indicadores ambientais físicos e biológicos no seu estudo de avaliação de impactos na Trilha Rebouças-Sede, no Parque Nacional do Itatiaia. No campo da medição e análise geométrica da trilha em questão foram considerados os seguintes indicadores:

- Largura da trilha (A): medida de largura das extremidades da trilha, correspondendo ao limite da seção transversal (Figura 2.5).
- Solo exposto (B): área sob influência direta do pisoteio, sem vegetação. Este indicador corresponde ao piso da trilha em Lechner (2005) (Figura 2.5).
- Largura total (C): medida da largura da faixa de influência do pisoteio, incluindo bifurcações, caminhos antigos e área pisoteada. Para determinação desta faixa Magro (1999) utilizou sinais como limite da vegetação mais baixa e presença de lixo (Figura 2.5).

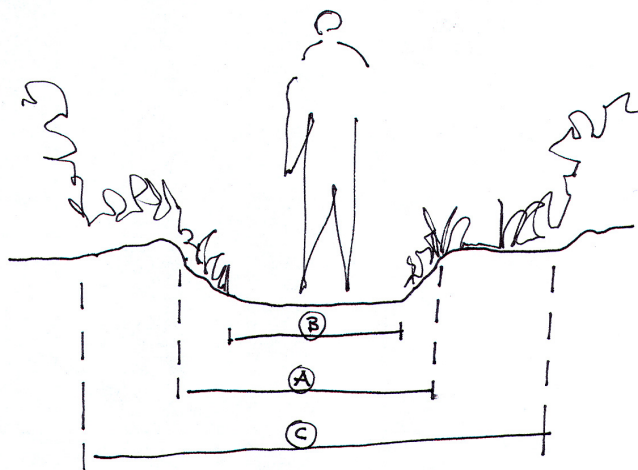


Figura 2.5 – Seção transversal esquemática de trilha, mostrando alguns indicadores medidos por Magro (1999) em relação à seção transversal da trilha. Croquis elaborado pelo autor a partir de Magro (1999).

- Declividade paralela (β): declividade medida, de acordo com o ângulo β , ao longo da trilha, no sentido do caminhamento, para Lechner (2005) simplesmente declividade (Figura 2.6).
- Declividade perpendicular (α): declividade medida, de acordo com o ângulo α , no sentido transversal do caminhamento, corresponde à inclinação lateral para Lechner (2005) (Figura 2.6).

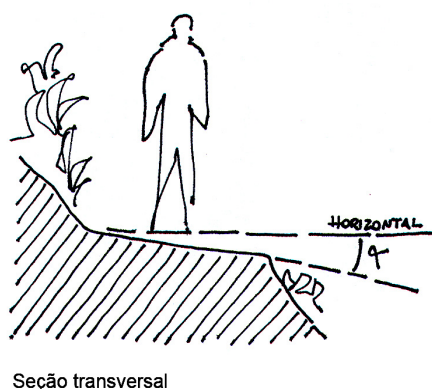
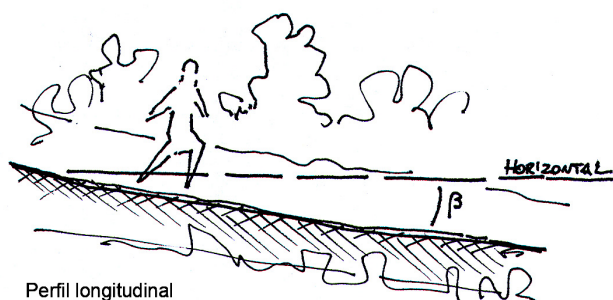


Figura 2.6 – Seção transversal e perfil longitudinal de trilha, mostrando alguns indicadores medidos por Magro (1999) em relação à seção transversal da trilha. Croquis elaborado pelo autor a partir de Magro (1999).

- Caminhos: número de bifurcações a partir da trilha principal. A autora observou a existência de caminhos alternativos à trilha principal, seguindo uma linha transversal ao eixo da trilha, no ponto de amostragem.
- Área da seção transversal: medida do grau de erosão, relacionado com a área da seção transversal da trilha, abaixo do perfil natural do terreno (inferido). A linha esticada torna-se a referência para a medição da área da seção através da derivação dos valores de altura (Figura 2.7).

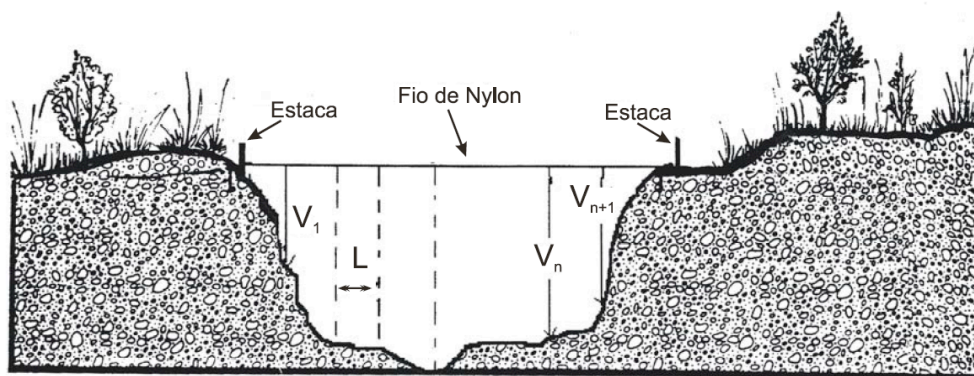


FIGURA 13 - Desenho esquemático e fórmula para o cálculo da área da seção transversal da trilha. (modificado a partir de COLE, 1991).

$$A = \frac{V_1 + 2V_2 + \dots + 2V_n + V_{n+1}}{2} \times L$$

Sendo :

A = área da seção transversal

$V_1 - V_{n+1}$ = medida das distâncias verticais, iniciando em V_1 e terminando em V_{n+1} , a última medida tomada

L = intervalo da linha horizontal esticada

Figura 2.7 – Esquema de medição da área da seção transversal de trilha e fórmula de cálculo correspondente, reproduzido de Magro(1999).

Dentre os indicadores ambientais acima mencionados, Magro (1999) considerou como bons indicadores a declividade paralela, a área da seção transversal e o levantamento dos caminhos (bifurcações). Já Lechner (2005) afirma que, dentre as características geométricas de uma trilha seriam bons indicadores de impactos negativos alterações na largura e profundidade do leito. Combinando as duas abordagens percebe-se que o monitoramento da variação da área da seção transversal, que reflete alterações na largura e profundidade do leito da trilha, é um bom indicador para utilização em estudos de planejamento e manejo de trilhas. O levantamento de bifurcações indica o grau de expansão de uso, sendo um bom indicador de impacto (Magro, 1999).

Magro (1999) considerou a observação de características indicativas da qualidade do leito da trilha como sulcos, canais, erosão lateral, pedras, raízes expostas, drenagem ruim e lixo, um único indicador, denominado *Fatores depreciativos*. Em sua avaliação de resultados a autora não considerou este como um bom indicador numérico, mas sim um bom indicador na avaliação geral das condições da trilha. Dentre estas características a observação de sulcos de erosão, feições de erosão lateral, como perda de borda crítica (LECHNER, 2005) e raízes expostas (APPALACHIAN MOUNTAIN CLUB, 2008) podem ser usadas como indicadores isolados. A observação destes indicadores permite o mapeamento de trechos de trilha onde os processos erosivos estão ativos.

No campo pedológico Magro (1999) considerou como indicadores a serem medidos e monitorados: a compactação, análise física do solo e determinação do índice de erodibilidade. A compactação foi medida através da diminuição do volume natural do solo, causada pela compressão do pisoteamento. A autora não considerou este um bom indicador, já que, sob as mesmas condições de uso na trilha, foram observadas diferenças muito grandes entre os pontos de monitoramento avaliados, sendo que o grau de compactação variou mais com o tipo de solo e grau de umidade. Percebe-se ainda que a compactação do solo no leito de uma trilha é um fator inerente ao uso, portanto a medição deste indicador não irá apresentar a lógica e sensibilidade exigida para um bom indicador ambiental.

Na análise física do solo foi considerada a classificação textural em quatro classes: franco argilo arenosa, franco argilosa, argilo arenosa e argila. Este indicador foi considerado com boa efetividade pela autora. Lechner (2005) cita a determinação da textura do solo de uma trilha como um importante indicador a ser considerado no manejo de trilhas e afirma que a combinação desta classificação textural com a análise da declividade, vegetação e uso do solo permite conceber todos os aspectos da trilha, visando a obtenção da melhor performance. O conceito de Lechner (2005) sobre a relação entre textura do solo, índice de cobertura vegetal, fluxo superficial e infiltração da água mostra que os solos de textura argilosa causam aumento do fluxo superficial e diminuição da infiltração, em relação ao extremo oposto, dos solos arenosos (Figura 2.8). A ausência da cobertura vegetal, age no mesmo sentido, diminuindo a infiltração e proporcionando o aumento do fluxo superficial. Este conceito geral de interação

cobertura vegetal, solo, fluxo hídrico é confirmado por Jorge (1985). Entretanto, é importante salientar que nesta avaliação deve ser considerada, conjuntamente à textura, uma análise da estrutura do solo como fator determinante na capacidade de infiltração (RESENDE; CURI; REZENDE; CORRÊA, 1999). Assumindo-se esta variável percebe-se que o esquema exposto por Lechner (2005) é uma referência geral, com muitas exceções no caso brasileiro. Existem no Brasil, por exemplo, latossolos com elevado teor de argila, bem estruturados, que proporcionam excelente drenagem.

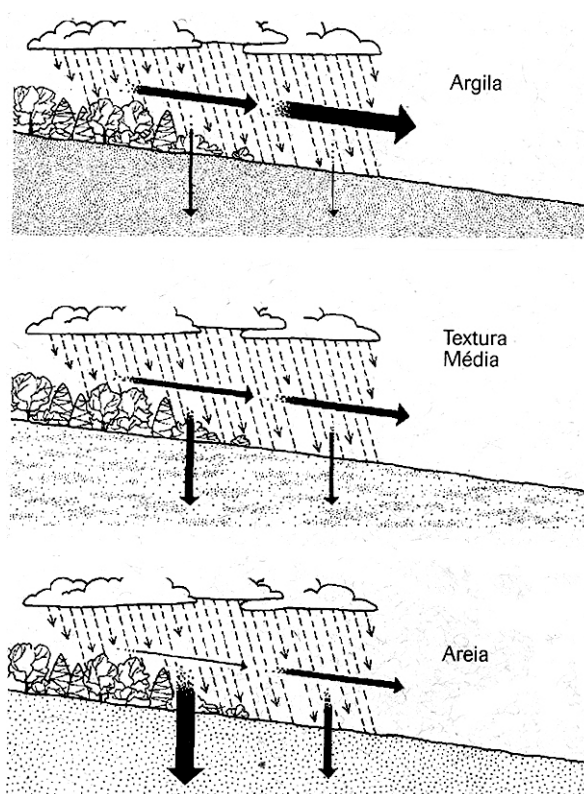


Figura 2.8 – Diagrama de relação entre texturas do solo, índice de cobertura vegetal, fluxo superficial e infiltração de água, reproduzido de Lechner (2005). As setas mais espessas indicam fluxos maiores, os solos argilosos tendem a ter menor infiltração e maior fluxo superficial, já os arenosos tendem ao contrário. As áreas com maior índice de cobertura vegetal tendem a promover maior infiltração e menor fluxo superficial.

Na determinação do índice de erodibilidade foram consideradas as seguintes propriedades: declividade, porosidade e erodibilidade, sendo esta última propriedade determinada em função da textura do solo.

No campo biótico o indicador analisado pela autora citada acima foi a análise dos impactos do uso da trilha na cobertura vegetal. Foram analisados os seguintes aspectos: cobertura das espécies, altura da vegetação e solo exposto.

A Tabela 2.3 mostra um resumo dos indicadores utilizados por Magro (1999) na sua pesquisa e citados por Lechner (2005). Utilizando-se as informações expostas pelos autores elaborou-se uma tabela comparativa.

Tabela 2.3 – Listagem e avaliação da efetividade de alguns dos indicadores ambientais utilizados por Magro (1999) para a avaliação de impactos na Trilha Rebouças-Sede, Parque Nacional do Itatiaia e indicados por Lechner (2005).

Área de concentração	Indicador	Efetividade do indicador (Magro, 1999)	Efetividade do indicador (Lechner, 2005)
Análise geométrica da seção transversal e de superfície da trilha	Largura da trilha	negativa	positiva
	Solo exposto (faixa de)	negativa	não mencionado
	Largura total	negativa	não mencionado
	Declividade paralela	positiva	positiva
	Declividade perpendicular	negativa	positiva
	Caminhos	positiva	positiva
	Área da seção transversal	positiva	positiva
	Fatores depreciativos	positiva	positiva
Análise do solo	Compactação	negativa	negativa
	Análise física (textura)	positiva	positiva
	Índice de erodibilidade	negativa	negativa
Análise da vegetação	Cobertura de espécies	negativa	não mencionado
	Altura	negativa	não mencionado
	Solo exposto	negativa	positiva

3. Caracterização da Área de Estudo, Parque Nacional do Caparaó - MG

O Pico da Bandeira, com altitude de 2.892m, possui grande importância desde o Segundo Império, quando então era considerado o ponto culminante do território brasileiro. O imperador D.Pedro II, por volta de 1859, determinou que fosse colocada uma bandeira do Império no topo do ponto culminante da Serra da Mantiqueira, localizada então na divisa entre as províncias de Minas Gerais e Espírito Santo. Desde então o Pico ficou conhecido como Pico da Bandeira (ICMBIO, 2009).

Existiram duas razões principais para a criação do Parque Nacional do Caparaó em 1961⁴, a primeira é a própria existência de maciços de grande altitude, a segunda razão é a concentração observada na área de variadas e distintas formações vegetais. Já em 1911 foi determinada a altitude exata do Pico da Bandeira e o início da valorização ambiental da área ocorreu em 1922, quando foi visitada por uma Missão de pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Nesta ocasião já existia, paralelamente, uma movimentação social pela preservação da área, pois se falava regionalmente da necessidade de instituir uma reserva florestal acima dos 1.800m de altitude. O primeiro dispositivo legal efetivo veio em 1948, com o Decreto Lei Estadual nº55, que criou a *Reserva Florestal Pico da Bandeira*. Rapidamente iniciou-se uma movimentação pela transformação da Reserva Florestal em Parque Nacional (MMA,2001).

Localização

O Parque Nacional do Caparaó situa-se na divisa entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, tendo mais de 70% de sua área neste último estado (Figura 2.9).

⁴ O Parque Nacional do Caparaó foi criado pelo Decreto Federal nº 50.646, de 24 de maio de 1961 (ICMBIO, 2009)

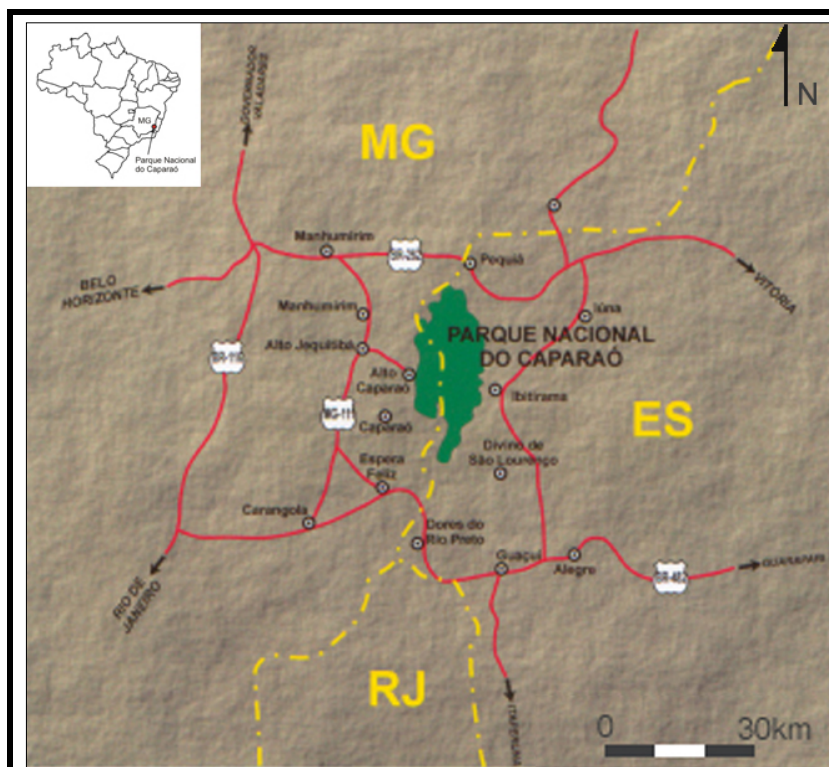


Figura 3.1 – Mapa esquemático de localização do Parque Nacional do Caparaó, elaborado a partir de MMA (2001).

Clima

O clima do Parque Nacional do Caparaó foi determinado como tropical de altitude, e como Cwb na classificação de Köppen, com uma intensa influência orográfica na determinação de diferenças de temperatura e dinâmica de massas de umidade. A média de temperatura anual varia entre 19 e 22°C, com máxima absoluta de 36° e mínima absoluta de -4°C, registrada nos Picos mais altos do Parque. A pluviosidade anual varia entre 1.000 e 1.500mm, atingindo a máxima registrada de 1.750mm na porção norte do Parque (MMA,2001 *apud* IBAMA, 1995; IEF/TURMINAS/IBAMA/GTZ/IGA, s/data).

As chuvas concentram-se no verão, seguindo a tendência do clima tropical brasileiro, quando ocorre entre 35 e 50% da precipitação anual. No inverno a precipitação é baixa, podendo variar em função da eventual captura de massas de umidade pelo relevo local (MMA,2001 *apud* IBDF, 1981).

Relevo, geomorfologia e hidrografia

O PARNA do Caparaó localiza-se na Serra de mesmo nome, em área de relevo montanhoso. A faixa de altitude abrangida varia de aproximadamente

1.200m, na Portaria em Alto Caparaó, até o máximo de 2.890m, no Pico da Bandeira.

Geomorfologicamente o Parque compreende dois compartimentos básicos: áreas de Vales Fluviais em processo de entalhamento, localizados na faixa altimétrica entre 1.200 e 1.800m, e áreas com predomínio de Maciços Rochosos meta-sedimentares, em sua maioria quartzíticos, acima de 1.800m de altitude. A Serra do Caparaó é orientada na direção N-S e conforma dois conjuntos de Vales, um com drenagem preferencial no sentido E para W, no lado de Minas Gerais e outro com drenagem preferencial no sentido W para E, no lado do Espírito Santo (Figura 2.10). Os maciços rochosos e solos correlatos, funcionam como recarga para os cursos d'água. Na área de vales fluviais observam-se vertentes com alta declividade, indicando que o processo de entalhamento encontra-se em estágio intermediário, apresentado cursos d'água com elevado gradiente. Este fato explica-se pela elevada resistência dos maciços rochosos ao intemperismo, o que proporciona, dentro do Parque, uma elevada variação de altitudes e, conseqüentemente, elevados gradientes na rede de drenagem circundante.

O sistema de drenagem do Parque é composto por uma numerosa rede, como rios perenes de médio e pequeno porte, afluentes do Rio Manhuaçu, Itabapoana e Itapemirim. Devido às características de relevo já citadas é comum a ocorrência de corredeiras e cachoeiras (MMA,2001 *apud* IBDF, 1981).

Geologia e Solos

A área do Parque está inserida em um contexto geológico complexo, pois apresenta ocorrência combinada de metamorfitos pré-cambrianos granitizados ou não, intercalados por pegmatitos e diques básicos. Esta configuração geológica, em alguns locais, apresenta-se coberta por sedimentos Terciários ou Quaternários. Na região do Pico da Bandeira, e seu entorno, o predomínio é de charnockitos e biotita gnaisses. Estruturalmente a região do Caparaó apresenta a caracterização de uma estrutura antiforme, remanescente de um padrão antigo de dobramento, com eixo quase N-S. A esta estrutura de dobramento associam-se um sistema de falhas "Horst" (IBDF, 1981).

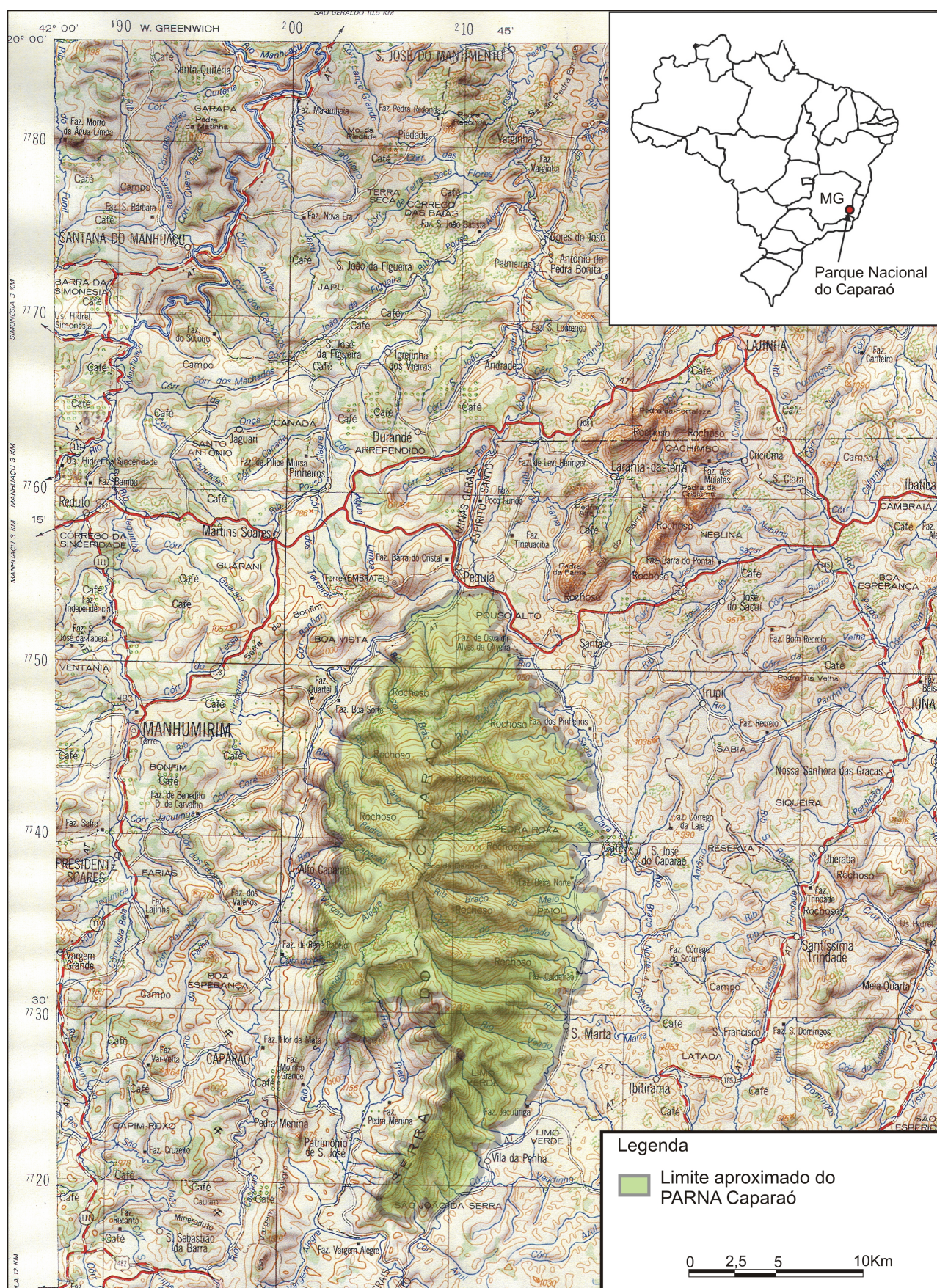


Figura 3.2 – Mapa topográfico da área de entorno do Parque Nacional do Caparaó, elaborado a partir de base contida em IBGE(1980) com limite da unidade de conservação adaptado de Carmo (2009).

Os tipos de solos que ocorrem predominantemente na região do Parque são Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Escuro Distrófico e Podzólico Vermelho Amarelo. Na área das serras, correspondendo às maiores altitudes, local onde se inserem as trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, predominam os tipos: Latossolo Distrófico com A proeminente, Cambissolo Distrófico com A moderado e Regossolos distróficos (IBDF, 1981).

Vegetação

O Parque está situado no Domínio Morfoclimático Atlântico, ou como é mais conhecido Bioma Mata Atlântica, segundo a classificação de Ab'Saber, mas dentro desta grande unidade encontram-se diversas subdivisões vegetacionais, o que é facilmente observado no Parque. Na área estão presentes exemplos de floresta higrófila perenifólia, floresta subcaducifólia estacional, matas ciliares, campos de altitude e campos rupestres. Esta variação é condicionada por fatores como: variação climática, presença de cursos d'água, altitude e tipos de solo, além de interferências humanas como desmatamentos, incêndios acidentais ou provocados e introdução de espécies exóticas (MMA,2001 *apud* IBDF, 1981).

A porção do Parque voltada para Minas Gerais apresenta florestas subcaducifólias, que são substituídas abruptamente por vegetação de campos na transição entre os Vales Fluviais e Maciços Rochosos. Já a porção voltada para o Espírito Santo apresenta florestas mais úmidas e em estágio mais avançado de regeneração, em sua maioria do tipo floresta higrófila perenifólia (MMA,2001 *apud* IBDF, 1981). Esta diferenciação é explicada pela ação orogênica em relação às massas de ar: o conjunto dos Maciços Rochosos da Serra do Caparaó atua como um anteparo para as massas de ar úmido vindas do Oceano Atlântico, fazendo com que esta umidade se precipite mais no lado oriental, ou do Espírito Santo, do Parque.

Aos dois compartimentos geomorfológicos citados, de Maciços Rochosos e Vales, corresponde uma diferenciação de vegetação balizada pela altitude: abaixo de 1.800m existe o predomínio de formações florestais e acima de campos de altitude e rupestres. Acima de 2.400m a vegetação se torna mais escassa, com o predomínio de campos rupestres incrustados entre os afloramentos rochosos.

Fauna

A interferência antrópica que alterou a vegetação no Parque também atuou sobre a fauna, fazendo com que o local não apresente uma quantidade representativa de espécies endêmicas. Apesar disto, nas florestas mais úmidas da porção do Espírito Santo, tem sido observada a presença de animais ameaçados como o mono-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides*) e lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). Em 1978 uma campanha realizada por Ruschi observou onças-pintadas (*Leopardus pardalis*) e onças-pardas (*Puma concolor*), além dos veados-campeiros (*Ozotocerus bezoarticus*) (MMA,2001 *apud* IBDF, 1981). Depois da campanha de 1978 não tem sido relatadas ocorrências destas três espécies, mas os estudos de fauna no Parque são ainda incipientes. Isto leva a crer que a fauna do Parque é ainda pouco conhecida e não que as citadas espécies estejam extintas localmente.

Com base nos dados já levantados, e considerando o desenvolvimento econômico a que o país está sujeito nos últimos ano, podemos supor que o Parque vai, cada vez mais, funcionar como refúgio local para a fauna, pois enquanto a área permanece protegida, os processos de desmatamento, caça e incêndios no entorno se intensificam.

4. Material e métodos

O desenvolvimento da pesquisa foi baseado na sequência das seguintes etapas, expostas e detalhadas de acordo com o esquema da Figura 4.1.

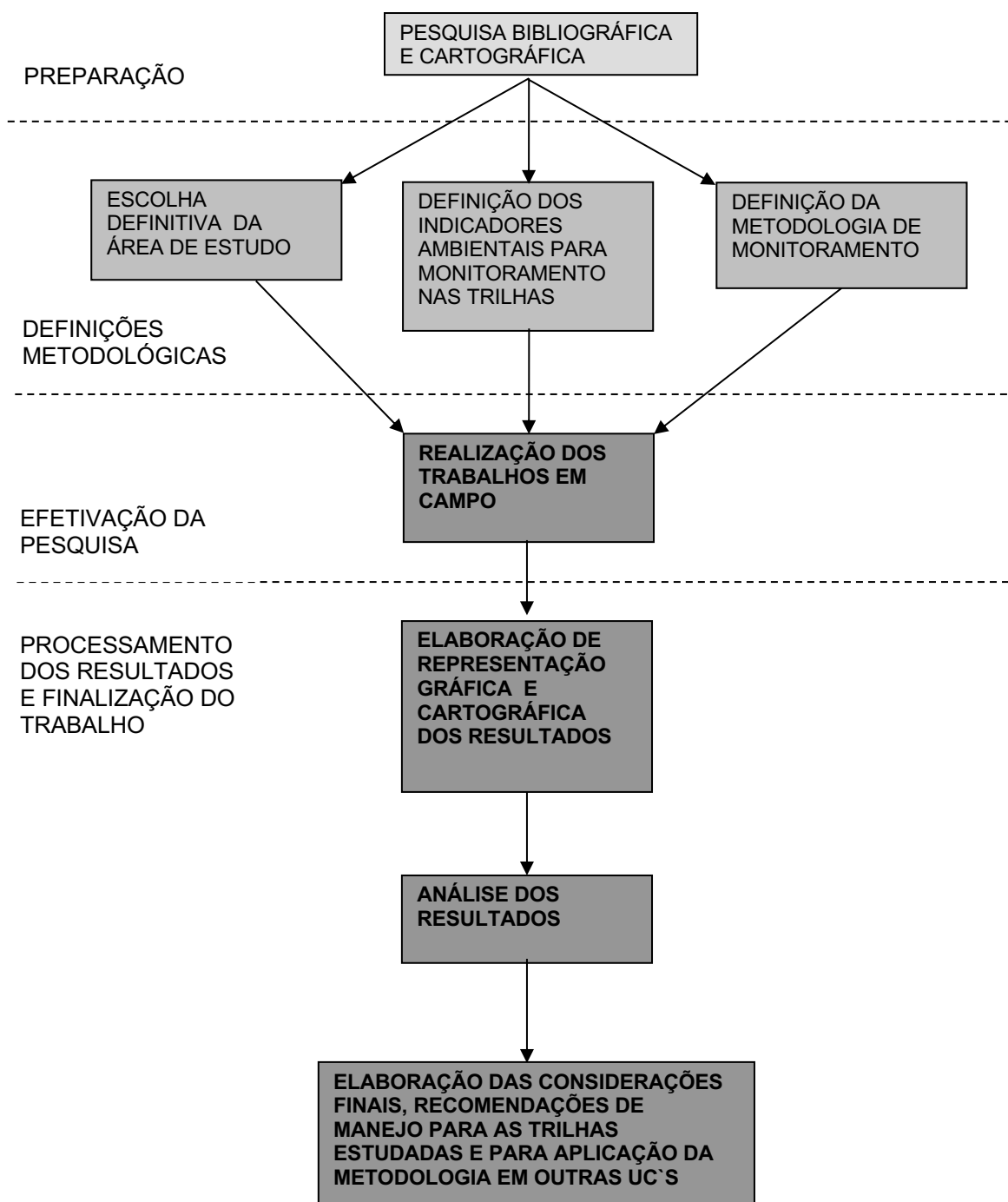


Figura 4.1 – Esquema de organização dos procedimentos metodológicos adotados.

Local de estudo – trilhas de acesso ao Pico da Bandeira

O maior atrativo do Parque é o Pico da Bandeira e a maioria dos visitantes vai à Unidade de Conservação com objetivo de chegar a este local. A principal via de acesso é a trilha pelo lado de Minas Gerais, com cerca de 6.300m de extensão, que começa no acampamento da Tronqueira, a 1.933m de altitude, passando pelo acampamento Terreirão, a 2.366m de altitude e chega ao Pico da Bandeira, a 2.892m de altitude. A maioria dos visitantes chega ao Pico por esta trilha, entrando no Parque pela Portaria de Alto Caparaó.

A outra trilha de acesso, menos utilizada, é pelo lado do Espírito Santo, com cerca de 4.700m de extensão, que começa no acampamento Casa Queimada, a 2.197m de altitude, passa pelo Pico do Calçado a 2.792m de altitude e chega ao Pico da Bandeira (Figura 4.2).

A visitação anual do PARNA Caparaó foi estimada por Moura (2005), com base em dados fornecidos pelo IBAMA/ Regional Belo Horizonte, em 25.000 visitantes/ano. Já MMA (2001) coloca dados mais exatos, ainda que desatualizados: 23.088 visitantes em 1998, 29.129 visitantes em 1999 e 25.875 em 2000. Levando-se em conta a média de visitantes de 1998 a 2000 (26.030 visitantes/ano), nota-se que o número se aproxima da estimativa de Moura (2005).

Para o desenvolvimento da pesquisa foi escolhida uma trilha complexa, extensa e com utilização intensa. Tomando como base a média 25.000 visitantes/ano, considerando que a maioria dos visitantes chega ao Pico da Bandeira por uma das duas vias de acesso e que a extensão total das trilhas é de aproximadamente 11.000m tem-se uma conjunção de fatores que torna as trilhas em questão um conjunto interessante para a realização da pesquisa. Um fator adicional é que as condições de manejo das duas trilhas é totalmente diferente, como exposto (Tabela 4.1). A trilha de acesso ao Pico da Bandeira, pelo lado mineiro, denominada neste trabalho Trilha 1, apresenta um quadro de acentuada presença de alteração e impactos ambientais negativos, causado pelas décadas de uso e condições de manejo intenso (Figura 4.2). Já a trilha de acesso ao Pico da Bandeira, pelo lado capixaba, denominada neste trabalho Trilha 2, apresenta impactos ambientais negativos em baixo grau e um manejo menos intenso. Esta diferenciação configura a Trilha 2 como mais próxima de um estágio pristino,

atuando como controle e a Trilha 1 o trecho onde serão observados os efeitos e problemas de um uso intenso.

Tabela 4.1 – Comparação entre condições de manejo das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó.

<i>Condição de manejo observada</i>	<i>Trilha de acesso ao Pico da Bandeira pelo lado Minas Gerais – Trilha 1</i>	<i>Trilha de acesso ao Pico da Bandeira pelo lado Espírito Santo – Trilha 2</i>
Intensidade de uso	alta	baixa
Utilização por pedestres	permitida e incentivada	permitida
Utilização por grupos de excursão	alta	baixa
Utilização de mulas para transporte de cargas e pessoas	permitida	proibida
Incidência de trechos com várias trajetórias alternativas da trilha	alta	baixa
Incidência de trechos com processos erosivos (p. ex.: sulcos erosivos, perda visível de solo e matéria orgânica, exposição de raízes, exposição de horizontes B e C)	alta	baixa
Incidência de trechos alargados da trilha (largura maior que 1,20m)	alta	baixa

Fonte: tabela elaborada pelo autor com base em observações de campo, realizada em novembro de 2008, no Parque Nacional do Caparaó.

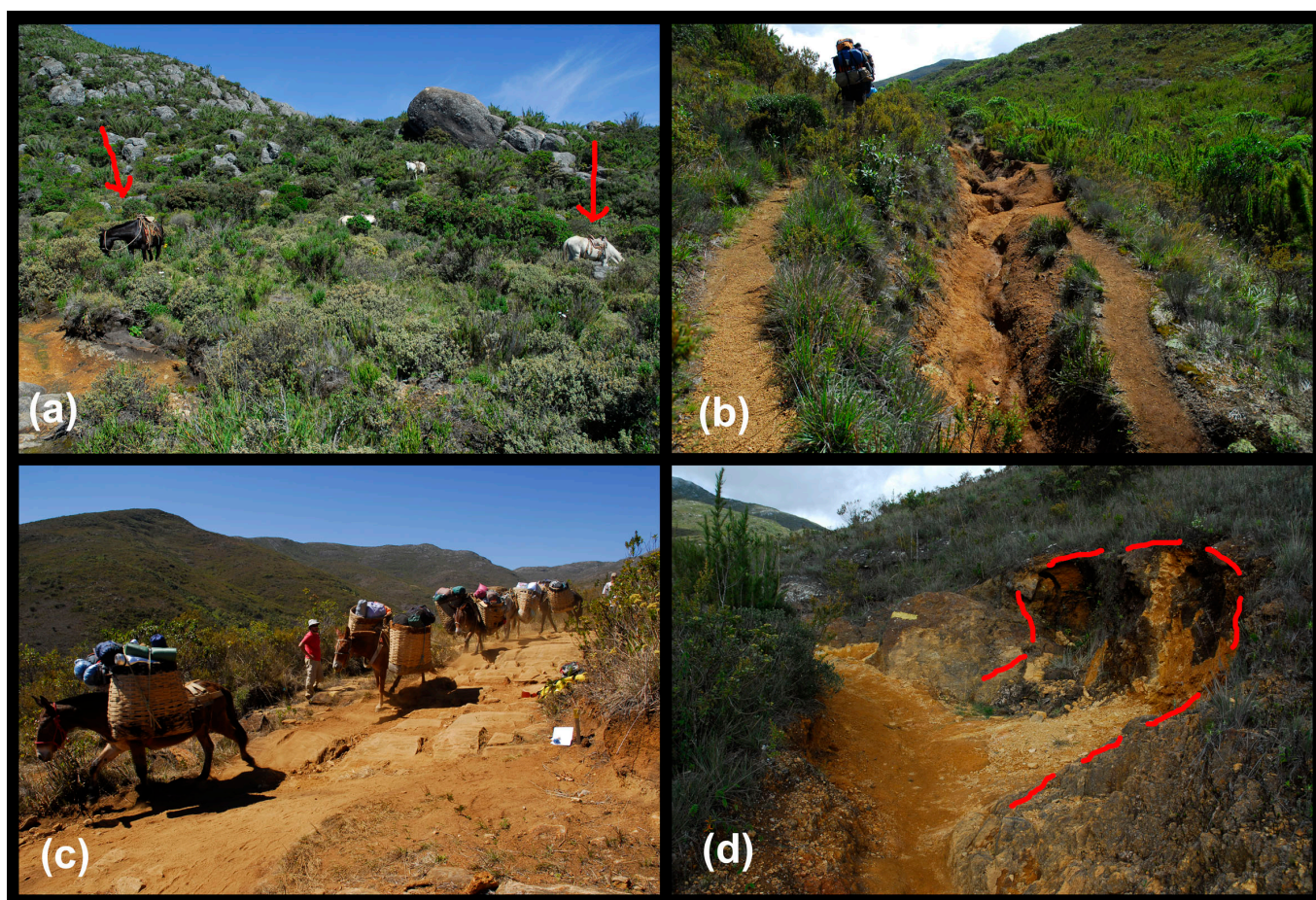


Figura 4.2 – Alterações e impactos observados na Trilha 1. (a) mulas de carga, indicadas com setas vermelhas, pastando em meio à vegetação nativa, (b) multiplicação de caminhos devido ao desenvolvimento de processos erosivos, (c) tráfego de mulas de carga, (d) ponto com vestígios de retirada de solo ao lado da trilha, marcada com a linha tracejada.

Pontos de monitoramento

Foram estabelecidos, desde novembro de 2008, 19 pontos de monitoramento na Trilha 1 e 2 (Figura 4.3). Para escolha dos locais e distribuição dos pontos foi adotado o critério de descontinuidade, ou seja, onde as trilhas apresentam mudanças de características fundamentais como: declividade, largura do leito, presença de processos erosivos ou tipo de vegetação foi estabelecido um ponto. Aliado a este conceito de descontinuidade, procurou-se evitar uma proximidade excessiva entre os pontos, buscando uma distribuição espacial uniforme, seguindo uma distância média de 500m, em projeção horizontal, entre os pontos de monitoramento.

As medições nos pontos de monitoramento foram realizadas entre novembro de 2008 e outubro de 2010, sendo que foram realizadas três medições gerais, em três campanhas.

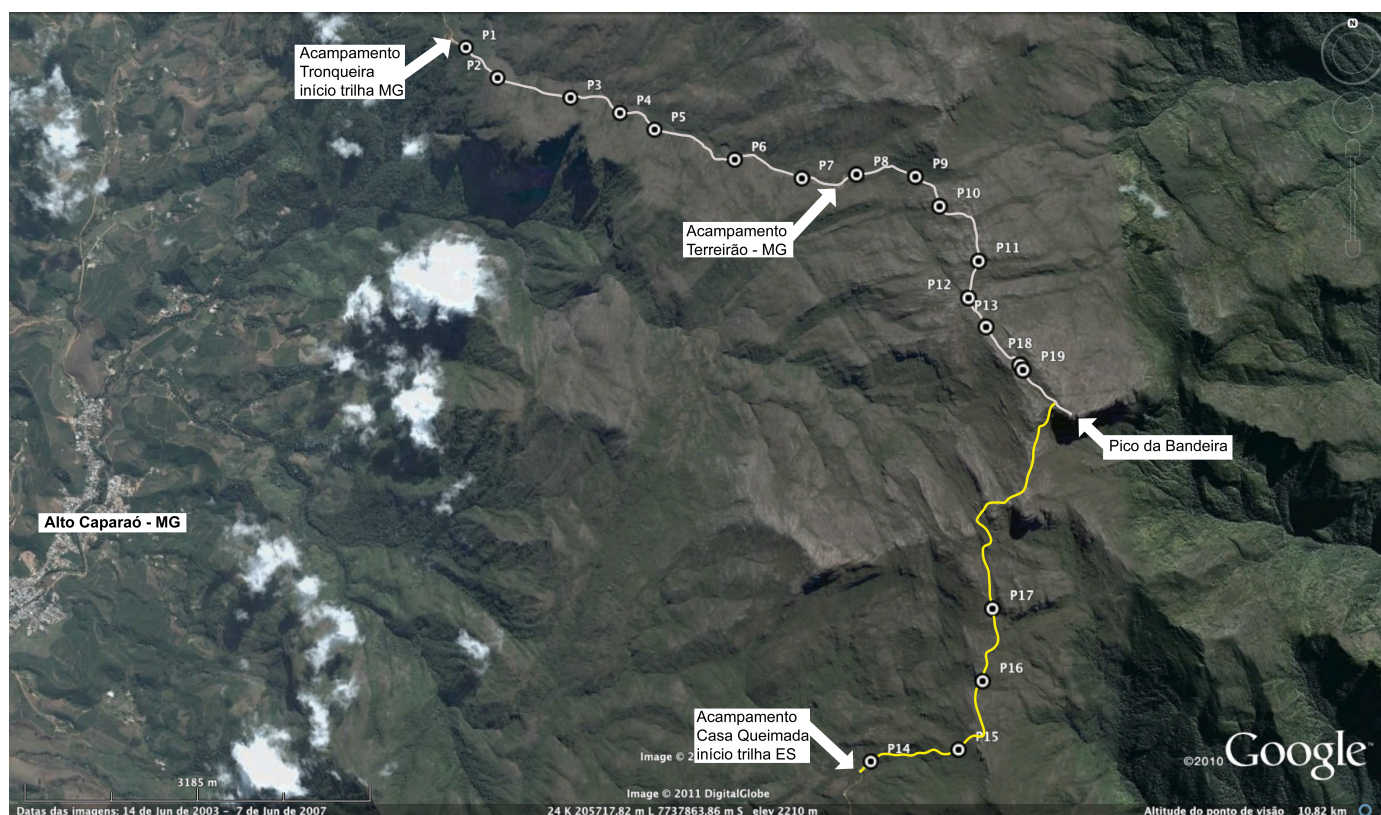


Figura 4.3 – Imagem com a localização dos pontos de monitoramento (P1 a P19) e o traçado aproximado das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, em branco a Trilha 1, em amarelo a Trilha 2. Fonte: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.

4.1. Indicadores ambientais adotados no monitoramento

Foram priorizados na pesquisa os indicadores ambientais ligados à análise pedológica e geomorfológica da trilha, que pudessem ser, posteriormente, facilmente monitorados pelo pessoal da Unidade de Conservação. Segundo a metodologia adotada por Magro (1999), é fundamental o uso dos indicadores ligados à declividade, textura do solo e análise da seção transversal. A análise da dinâmica da seção transversal da trilha demonstra processos erosivos como a formação de sulcos, perda de solo, alargamento do leito da trilha e aggradação sedimentar.

Os indicadores monitorados foram, posteriormente, classificados com objetivo de gerar subsídios para a elaboração de um sistema gráfico de barras de análise, para cada trilha, tendo como base a metodologia exposta em Moura *et al.* (2006). Neste sistema gráfico cada indicador ambiental corresponde a uma barra horizontal de análise, colocada abaixo do perfil topográfico da trilha. Nesta barra de análise a gradação de cores vai da condição mais favorável, cor amarela, indo até a condição menos favorável, cor vermelha. As barras correspondentes a cada indicador são sobrepostas, permitindo uma visualização e análise integrada dos indicadores (Figura 4.4). Na parte inferior do conjunto de barras existe uma barra síntese, obtida através do cálculo de média aritmética dos valores atribuídos à cada barra individual.

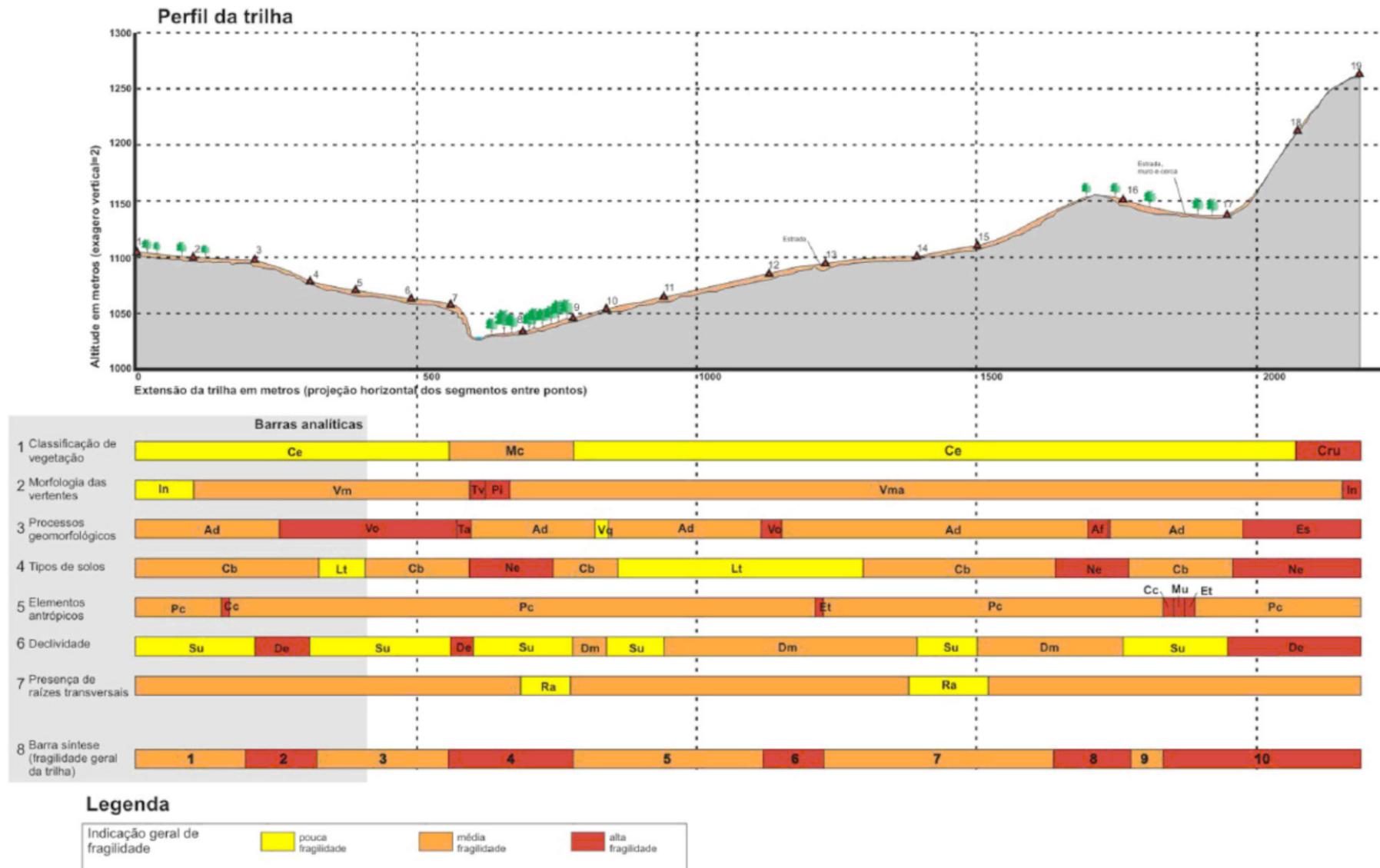


Figura 4.4 - Sistema gráfico de barras de análise de trilhas, proposto por Moura *et al.* (2006).

Mapeamento de declividade

Para a elaboração de mapa preliminar e perfis topográficos das Trilhas foi realizado mapeamento expedito com receptor GPS (modelo GPS 12, Garmin®). A determinação prévia de traçado e declividades foi elaborada a partir deste mapeamento e checagem de altitudes, segundo IBGE (1980), e informações altimétricas obtidas no Google Earth®. Este método de mapeamento expedito permitiu a representação dos resultados preliminares em perfis topográficos e mapas, utilizados para o desenvolvimento dos trabalhos em campo.

Para a representação dos resultados é necessária a divisão das trilhas em classes de declividade. Como referência para estabelecimento destas classes foram usados como referência os trabalhos de Cifuentes (1992) e Mackinnon (1990). Foram determinadas três classes distintas de declividade: **classe 1** (amarelo) – baixa declividade, entre 0 a 10%, **classe 2** (laranja) - média declividade, entre de 11 e 20% e **classe 3** (vermelho) – alta declividade, maior que 20%.

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado levantamento planialtimétrico detalhado das Trilhas. Para a determinação da declividade local precisa nos pontos de monitoramento foi utilizado clinômetro de precisão Suunto®, modelo PM-5. Para a elaboração do mapa geral das trilhas foi realizado mapeamento detalhado com receptor GPS (modelo Colorado 400C, Garmin®), com utilização do barômetro calibrado da unidade. Neste mapeamento foram localizados os pontos de monitoramento, o que permitiu a confecção de um perfil topográfico das Trilhas 1 e 2, com a representação de classes de declividade entre os pontos de monitoramento.

Variação na largura do leito da trilha

Nos pontos de monitoramento foi medida e monitorada a largura do leito das trilhas. Segundo Lechner (2005) e Cole (1983), o aumento ou diminuição desta largura indica deficiências no manejo da trilha estudada. Como referência para determinação do leito das Trilhas considerou-se a largura, em centímetros, da faixa sem vegetação usada como piso, sem a inclusão das rampas laterais. A medição foi realizada com trena analógica metálica Stanley®, de 5m.

Para efeito de representação dos resultados foram consideradas duas classes: **classe 1** (amarelo) – ponto sem alteração na largura do leito da trilha,

classe 2 (vermelho) – ponto com alteração, aumento ou diminuição na largura do leito da trilha.

Presença de caminhos alternativos

Um indicador importante a ser monitorado é a existência, entre os pontos de monitoramento, de caminhos alternativos. Segundo Magro (1999), este indicador é útil para medir uma eventual utilização excessiva das trilhas, que ocasionaria a abertura de novos caminhos paralelos à trilha principal. As trilhas alternativas indicam deficiências de manejo e aumentam a faixa de alteração causada pelo uso da trilha.

Entre os pontos de monitoramento foi observada a existência de caminhos alternativos, o que determinou três classes distintas: **classe 1** (amarelo) – existência somente da trilha principal, **classe 2** (laranja) – existência de dois caminhos, **classe 3** (vermelho) – existência de três ou mais caminhos. A determinação qualitativa e quantitativa deste indicador foi realizada com base em observações em campo, posteriormente confirmadas através de imagens do Gogle Earth®.

Contextualização da trilha na vertente

Tendo como referência Mackinnon (1990), foi realizada, em cada ponto de monitoramento, a contextualização da posição da trilha em relação à vertente: paralela, perpendicular ou oblíqua em relação às curvas de nível. A relação desta contextualização em relação à erodibilidade determinou três diferentes classes neste indicador: **classe 1** (amarelo), trilha paralela às curvas de nível da vertente – menor propensão à erosão, **classe 2** (laranja), trilha oblíqua em relação às curvas de nível da vertente – propensão intermediária à erosão, **classe 3** (vermelha), trilha perpendicular às curvas de nível da vertente – maior propensão à erosão.

A determinação desta contextualização foi elaborada a partir de medição de declividade paralela transversal da trilha⁵, nos pontos de monitoramento, considerando dois segmentos de 100m de extensão. Os dados de altitude, obtidos com uso de dados da função altimetria do Gogle Earth®, foram

⁵ Considerou-se declividade transversal da trilha a declividade do segmento, com extensão de 100m, perpendicular ao eixo central da trilha.

convertidos em declividades dos segmentos. Estes dados de declividade foram verificados com observações em campo.

Variação da área da seção transversal

Com base na metodologia exposta em Magro (1999) e Cole (1983), foi definido um sistema de medição com a utilização de quatro pinos de análise de perda de solo em cada ponto de monitoramento. Este sistema baseia-se na análise transversal do comportamento superficial do solo, não considerando somente a faixa de alteração da trilha, como nos dois trabalhos citados, mas adicionando pontos de medição mais afastados do leito da trilha, com o objetivo de medir as alterações do solo fora da área de influência direta desta faixa de alteração (Figura 4.5).

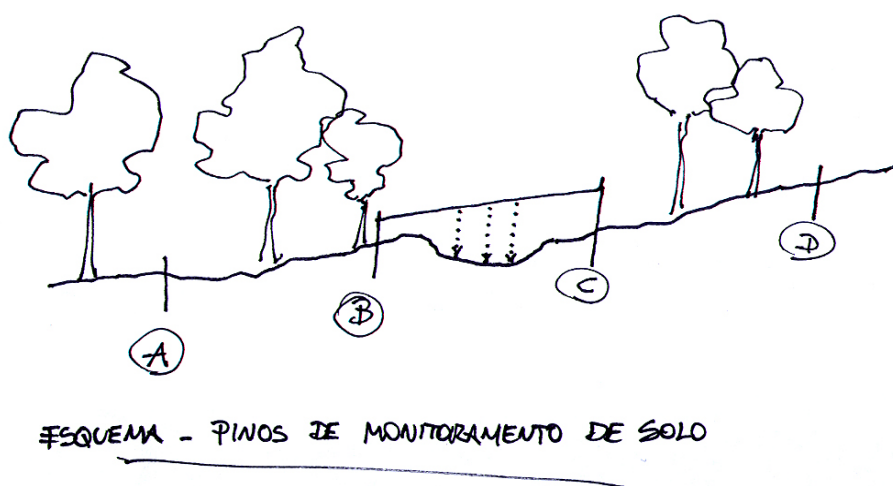


Figura 4.5 – Esquema de análise transversal da superfície do solo, desenvolvido para medição com base em pinos de análise de perda de solo e fio auxiliar para medição da geometria transversal do leito da trilha.

Os pinos⁶ B e C são utilizados para medir a perda de solo próximo à borda da trilha. Entre estes pinos foi esticado um cabo de nylon, do tipo utilizado por pedreiros. Foi realizada medição de inclinação do fio, com clinômetro de precisão Suunto®, modelo PM-5, e de altura entre o fio e a superfície do leito, com auxílio

⁶ Foram utilizadas, para confecção dos pinos, barras de aço comum, de ¼ polegada de diâmetro. Para identificação dos pinos foi utilizada etiqueta plástica, do tipo utilizado em cabos elétricos, fixada ao pino com lacre de nylon.

de prumo de centro e trena analógica metálica Stanley®, de 5m, em três pontos: um no eixo central do leito da trilha e dois laterais, afastados 30cm deste eixo. Este sistema permite uma medição rápida da área da seção transversal e da variação altimétrica superficial do leito da trilha. Os pinos A e D foram sempre instalados a mais de 2 metros de distância dos pinos B e C, em linha transversal ao eixo central da trilha. O objetivo destes pinos é medir a perda de solo em área presumivelmente sem a influência direta do pisoteio e da alteração do solo causada pela abertura e aprofundamento do leito da trilha (Figuras 4.6 e 4.7). Com o sistema de medição descrito acima cada ponto de monitoramento contou com sete medidas de variação altimétrica da superfície do solo. Em virtude da dificuldade de acesso à alguns pontos das trilhas e do número de pontos de monitoramento estabelecido, optou-se pela limitação neste número. Segundo Jewell & Hammitt (2000) um método atualmente em uso, *MIP – Maximum Incision Post-Construction*, que consiste na medida de variação profundidade de incisão em um ponto da trilha, demonstrou ser útil para o manejo das trilhas, com pouco investimento necessário em tempo de medição e treinamento de pessoal. Isto demonstra que medir menos pontos ao se monitorar uma trilha é mais eficiente, pois demanda menos tempo e fornece resultados satisfatórios para o manejo.

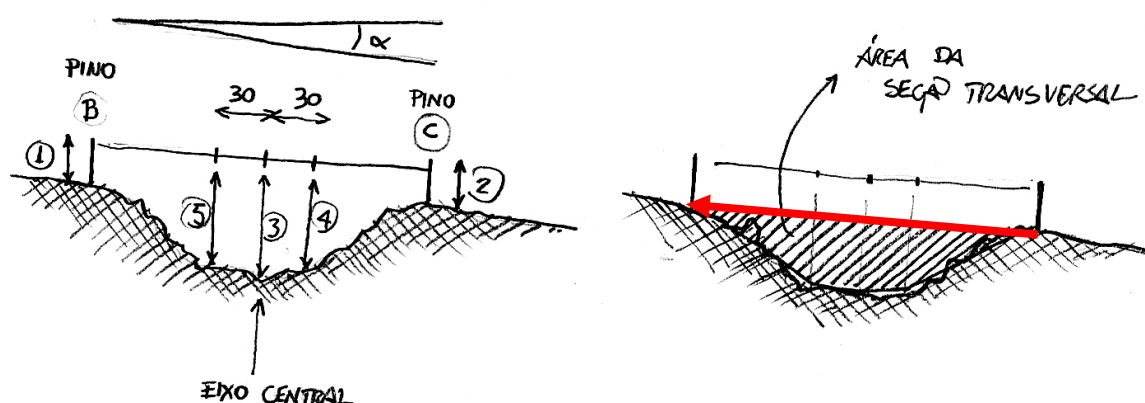


Figura 4.6 – Esquema de medição da área da seção transversal. À esquerda, esquema de medição de alturas utilizado: as alturas 1 e 2 foram tomadas diretamente nos pinos B e C, as alturas 3, 4 e 5 foram tomadas com auxílio de prumo de centro, a partir do cabo de nylon esticado, o ângulo α foi medido com clinômetro de visada, também diretamente no cabo de nylon. À direita, esquema da área da seção transversal resultante das medidas, a seta representa a linha inferida da superfície natural do terreno.



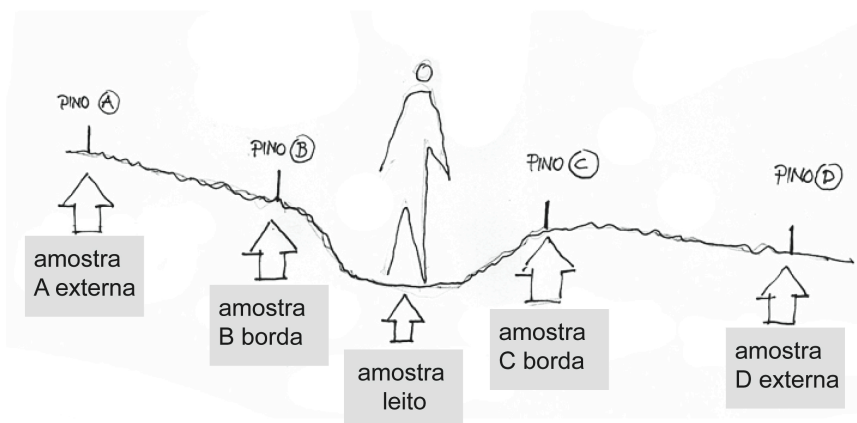
Figura 4.7 – Exemplos do método de medição usado em campo. (a) exemplo do uso do cabo de nylon para medição da morfologia da seção transversal; (b) aspecto do pino de análise de perda de solo, localizado na posição C, o pino está à frente do caderno de campo; (c) pinos utilizados para medição.

A área da seção transversal foi calculada, em metros quadrados, com os softwares Autocad 2008 e Autocad 2010 (Autodesk®). Para efeito de cálculo e interpretação foi considerada negativa a área abaixo da linha de projeção natural do terreno e positiva a área acima desta linha. Os valores negativos indicam perda de solo e aprofundamento do leito da trilha, em relação ao perfil original do solo, já valores positivos indicam agradação, ou adição antrópica de sedimentos acima do perfil original do solo.

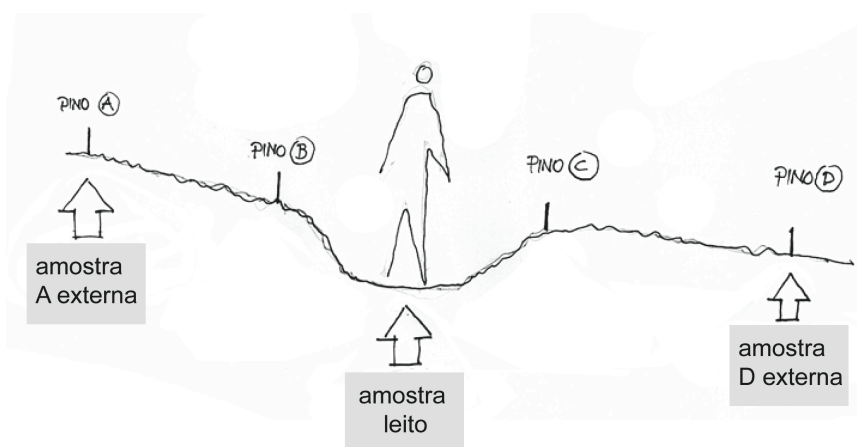
Com os valores numéricos de áreas da seção transversal foram definidas três classes em relação aos valores absolutos e relativos de área da seção transversal: **classe 1** (amarelo), pontos com menor valor de área da seção transversal – menor alteração, **classe 2** (laranja), pontos com valor intermediário de área da seção transversal - pontos com alteração intermediária, **classe 3** (vermelha), pontos com maior valor de área da seção transversal - pontos com maior alteração.

Coleta e análises de solo

As coletas de amostras de solo foram realizadas nos pontos de monitoramento, seguindo o transecto determinado pelo alinhamento dos pinos A, B, C e D (Figura 4.8). A coleta neste transecto tem como o objetivo permitir a análise da variação transversal de características do solo no leito da trilha e nas faixas laterais externas. As amostras foram coletadas com uso de enxada de jardinagem, na faixa de profundidade entre 0 a 20cm. Nos pontos de coleta localizados próximo aos pinos, foi respeitada uma distância mínima de 1 metro destes, nos pontos localizados no leito da trilha, as coletas foram realizadas sempre no eixo central da trilha, próximo ao ponto de medição da linha de nylon. Dos 19 pontos de monitoramento instalados 17 foram contemplados com as coletas de amostras de solo, pois os pontos P12 e P19, na Trilha 1, estão sobre afloramentos de rocha, sem presença de solo. Em 5 pontos de monitoramento foram coletadas 5 amostras, nos outros 11 pontos foram coletadas 3 amostras. Foi realizada coleta de 5 amostras de solo nos pontos com diferença altimétrica significativa, que apresentaram declividade transversal à trilha maior que 20%. Nos outros pontos optou-se por um numero menor de amostras. No total foram coletadas 58 amostras de solo com volume individual de cerca de 400cm³. As análises de solo realizadas, a partir deste sistema amostral, foram: granulometria, teor de argila dispersa em água (ADA) e teor de matéria orgânica (MO). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia do IGC/ UFMG, de acordo com metodologia exposta em EMBRAPA (1997).



Esquema de coleta de amostras de solo - pontos com 5 amostras



Esquema de coleta de amostras de solo - pontos com 3 amostras

Figura 4.8 – Seções transversais esquemáticas da trilha, mostrando a localização referencial utilizada para a coleta de amostras de solo.

Análises de granulometria

Segundo Magro (1999) e Lechner (2005), a determinação da textura do solo no leito da trilha constitui um bom indicador, sendo utilizado para determinar o nível de propensão à erosão no local.

As análises granulométricas (dispersão total) foram realizadas de acordo com procedimentos descritos no Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Posteriormente, os resultados foram tabulados e as amostras do leito da trilha, foram classificadas de acordo com o Diagrama de determinação de classe textural, exposto em Moniz (1972) (Figura 4.9). Com base nos resultados de classes texturais encontrados, estas amostras do leito da trilha foram classificadas em níveis de propensão à erosão. Foram considerados, segundo Moniz (1972), mais propensos à erosão os

solos menos estruturados⁷, ou seja com maior conteúdo proporcional de areia. Os solos com maior proporção de argila e silte foram considerados menos propensos à erosão. Esta diferenciação deu origem a três classes, considerando a granulometria da amostra do leito como fator de propensão à erosão: **classe 1** (amarelo), menor propensão à erosão, **classe 2** (laranja), propensão intermediária à erosão, **classe 3** (vermelha), maior propensão à erosão.

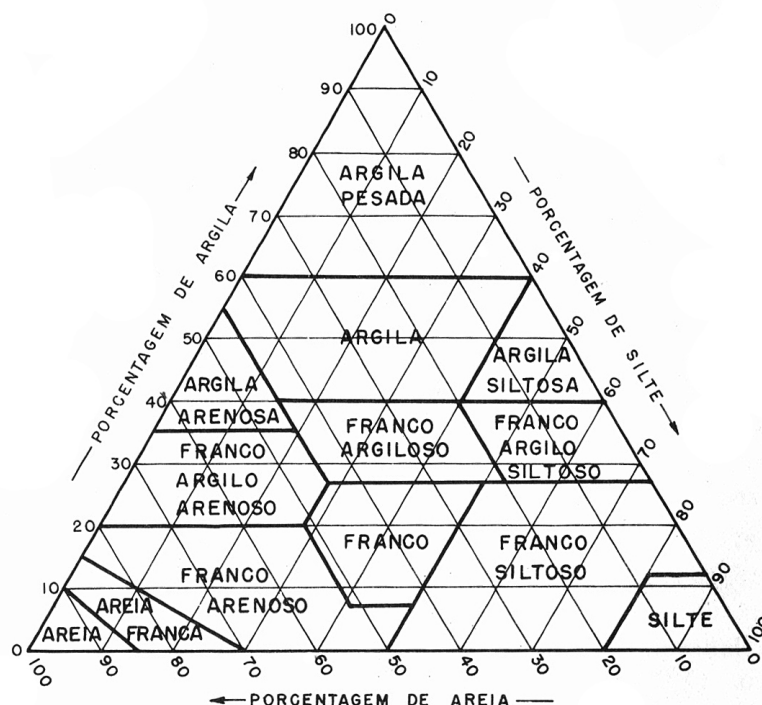


Figura 4.9 – Diagrama de determinação de classe textural de solo, segundo Soil Survey Staff, adaptado e traduzido pela Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ilustração reproduzida de Moniz (1972).

Análises de teor de argila dispersa em água (ADA)

A fração argila, além de ser a parte quimicamente ativa dos solos, é responsável pela retenção dos elementos nutritivos, pela agregação partículas e apresenta propriedades coloidais. Em relação à água, é a porção, por unidade de peso, que mais retém este líquido no solo (COSTA, 2004).

A análise do teor de argila dispersa em água indica uma maior ou menor propensão à movimentação desta importante fração do solo. No leito de uma trilha, por exemplo, um solo com alto teor de argila dispersa em água indica que

⁷ Estrutura é uma característica física dos solos, baseada na descrição e classificação da forma, tamanho e grau de desenvolvimento das suas unidades estruturais ou agregados (JORGE, 1985).

aquele local é mais susceptível à remoção desta fração pelo fluxo superficial de água. Consequentemente, este local irá sofrer processos erosivos mais acelerados, pois será maior a perda de agregação das partículas do solo. Segundo Jorge (1985), a dispersão é causada pela repulsão causada, em meio aquoso, pelas cargas negativas situadas na superfície das partículas de argila.

Determinação do grau de flocculação (GF)

A determinação do grau de flocculação é importante para a pesquisa, pois permite a distinção, dentro do teor de argila total, da proporção de partículas da fração argila que apresentam maior estabilidade. Para o manejo de trilhas a comparação entre teor de argila total, teor de argila dispersa em água e grau de flocculação dos solos, especialmente no leito de trilhas, permite identificar os pontos com maior propensão à perda da fração argila. Com a obtenção dos valores de teor de argila total, dentro da análise granulométrica, e de teor de argila dispersa em água, é possível determinar o grau de flocculação de acordo com a fórmula (EMBRAPA, 1999):

$$GF = (AT - ADA) / AT \times 100$$

GF, grau de flocculação; AT, teor de argila total; ADA, teor de argila dispersa em água.

Para a síntese dos resultados e aplicação no sistema gráfico de barras de análise, foi proposta a criação de uma relação entre o grau de flocculação da amostra do leito da trilha e a média aritmética dos graus de flocculação das amostras externas de acordo com a fórmula:

$$\text{Razão GF} = GF_{\text{amostra leito}} / \text{média aritmética de GF}_{\text{amostras externas}}$$

Após a determinação da Razão GF de cada ponto de monitoramento foram definidas 3 classes: **classe 1** (amarelo), pontos com Razão GF próxima de 1,0, situação desejável – menor alteração, **classe 2** (laranja), pontos com Razão GF com maior valor - pontos com alteração intermediária, **classe 3** (vermelha), pontos com Razão GF de menor valor - pontos com maior alteração.

Análises do teor de matéria orgânica (MO)

A importância da matéria orgânica para a conservação do solo é exemplificada pelo seguinte trecho:

A matéria orgânica é de inestimável importância ao solo, não apenas servindo de fonte de nutrientes, notadamente de nitrogênio, enxofre e micro nutrientes, mas aumentando a capacidade de troca catiônica, a capacidade de retenção de água, a resistência à erosão e a estabilidade dos agregados (JORGE, 1985, p.258).

Já segundo Moniz (1972) a matéria orgânica cumpre dois importantes papéis relacionados com a estabilidade dos solos. Do ponto de vista estrutural, com seu poder cimentante, a matéria orgânica aumenta a estabilidade dos agregados do solo, principalmente os de dimensão inferior a 1mm. Do ponto de vista de capacidade de retenção de água este autor informa que a fração orgânica retém de 4 a 6 vezes o seu peso em água. Como resultado prático esta retenção de água contribui para a diminuição da erosão em períodos chuvosos, com aumento da infiltração e diminuição do fluxo superficial de água, extremamente nocivo para a conservação do leito de uma trilha.

Nas trilhas estudadas foi observada, em vários locais, a perda da camada orgânica do solo, o que pode estar contribuindo para a aceleração dos processos erosivos (Figura 4.10). A determinação dos teores de matéria orgânica no leito da trilha e fora deste pode indicar o nível de degradação.



Figura 4.10 – Vista da lateral da Trilha 1, próximo ao ponto de monitoramento P10. É visível a perda da camada orgânica do solo, o horizonte A, de coloração escura, que antes cobria o local onde se instalou a Trilha.

Para a síntese dos resultados, e aplicação no sistema gráfico de barras de análise, foi proposta a criação de uma relação entre o teor de carbono orgânico da amostra do leito da trilha e a média aritmética dos teores de matéria orgânica das amostras externas de acordo com a fórmula:

$$\text{Razão O} = \text{teor MO}_{\text{amostra leito}} / \text{média aritmética teor MO}_{\text{amostras externas}}$$

Os teores de matéria orgânica foram divididos em 5 graus qualitativos: muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto. Cada grau qualitativo recebeu um valor numérico, indo do valor 1, teor de carbono orgânico muito baixo, a 5, teor de carbono orgânico muito alto, permitindo o cálculo da Razão O. Após a determinação deste valor, em cada ponto de monitoramento, foram definidas 3 classes: **classe 1** (amarelo), pontos com Razão O próxima de 1,0, situação desejável – menor alteração, **classe 2** (laranja), pontos com Razão GF com maior valor - pontos com alteração intermediária, **classe 3** (vermelha), pontos com Razão GF de menor valor - pontos com maior alteração.

Percepção dos visitantes e funcionários da unidade de conservação - entrevistas

O objetivo principal da utilização de entrevistas na pesquisa foi a identificação de problemas e aspectos ligados ao manejo e dinâmica de visitação das Trilhas 1 e 2, considerando o ponto de vista dos visitantes e dos funcionários. Foram realizadas 155 entrevistas, em setembro de 2010, sendo que destas destes 135 foram realizadas com visitantes e 20 com funcionários do Parque. Foram entrevistados os visitantes em caminho de ida ou volta ao Pico da Bandeira, nas Trilhas 1 e 2, sem critério de seleção previamente estabelecido. Todos os funcionários entrevistados pertencem à brigada do *PREVFOGO* - Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais/ ICMBio.

Foram aplicados dois tipos de entrevistas e de questionários, correspondendo à diferenciação dos entrevistados:

- Entrevistas com visitantes – neste tipo de entrevista abordaram-se aspectos relativos à dinâmica de visitação, levantando informações do ponto de vista do visitante. Serão levantados aspectos como: qualidade da

experiência nas trilhas, análise qualitativa da infra-estrutura, tempo de permanência e roteiro efetuado, perfil do visitante e outros.

- Entrevistas com funcionários – neste tipo de entrevista abordaram-se aspectos relativos à manutenção e gestão das trilhas estudadas, levantando informações do ponto de vista dos funcionários do Parque Nacional. Serão levantados aspectos como: periodicidade e tipo de manutenção realizada nas trilhas, principais problemas encontrados, tipo de treinamento específico aplicado aos funcionários e outros.

Os questionários semi-estruturados, segundo metodologia exposta em Boni; Quaresma (2005), foram elaborados para uso conjunto a esquemas gráficos que possibilitaram a identificação de 3 trechos distintos na Trilha 1 e 2 trechos distintos na Trilha 2 (Figuras 4.11 a 4.13).

Questionário VISITANTES

Pesquisa Análise Ambiental de Trilhas em UC's - PARNA Caparaó
Pós-graduação em Geografia/ Análise Ambiental - IGC - UFMG

Idade: Sexo:

Procedência: cidade -

estado -

Obs: se estrangeiro especificar país -

1. Tempo de permanência no Parque

() 1 dia ou menos () 1 dia com pernoite () 2 dias () mais de 2 dias

2. É a primeira vez que visita o Parque?

() sim () não

3. Você entrou no Parque pela portaria:

() Minas Gerais () Espírito Santo

4. Você está:

() sozinho () em grupo de 2 a 5 pessoas () em grupo de 6 a 10 pessoas

() em grupo de 11 a 15 pessoas () em grupo com mais de 15 pessoas

5. Você ficou acampado no Parque?

() sim () não

6. Caso tenha ficado acampado, em que local?

() Acamp. Tronqueira () Acamp. Terreirão () Acamp. Casa Queimada

7. Você utilizou serviço de guias?

() sim () não

Em caso afirmativo, de onde são os guias?

() Alto Caparaó () outras cidades do Brasil () do exterior

8. Você utilizou mulas?

() sim () não

Em caso positivo, você as utilizou para:

() transporte pessoal () transporte dos seus pertences

() transporte pessoal e de pertences

9. Quais foram os lugares que você visitou?

() Pico da Bandeira

() Centro de Visitantes

() Vale Verde e outros

Caso tenha visitado o Pico da Bandeira ou somente parte da trilha de acesso a este atrativo prossiga com as questões abaixo.

10. Você fez a subida ao Pico:

() durante o dia () durante a noite

11. Em algum momento sentiu dúvidas em relação ao caminho certo a seguir?

() sim () não

Em caso afirmativo esta dúvida foi:

() eventual () frequente () muito frequente

12. No caminho você se orientou utilizando:

() estacas () placas () flechas amarelas () a trilha mais marcada

() guias () funcionários do Parque () outros métodos

13. Como você classifica a sinalização da trilha?

() excessiva () suficiente () insuficiente () inexistente

Figura 4.11 – Ficha utilizada para realização das entrevistas com visitantes.

14. Marque, no esquema na trilha, o trecho em que você observou maior dificuldade para caminhar na trilha: _____
 ➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ser o mais difícil para caminhar: _____
 Qual(is) dificuldade(s) você encontrou?

15. Em termos gerais como você classificaria o piso da trilha:
☐ muito regular ☐ regular ☐ irregular ☐ muito irregular
 ➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter o piso mais irregular: _____

16. Na trilha você achou a incidência de trechos escorregadios:
☐ alta ☐ média ☐ baixa
 ➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ser o mais escorregadio: _____

17. Na trilha você achou a incidência de trechos com inclinações fortes:
☐ alta ☐ média ☐ baixa
 ➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter as inclinações mais fortes: _____

18. Na trilha você achou a incidência de trechos com riscos:
☐ alta ☐ média ☐ baixa
 ➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter mais riscos: _____
 Qual(is) risco(s) você observou?

19. Como você classificaria a sua experiência geral na trilha, em relação ao conforto para caminhar:
☐ excelente ☐ boa ☐ regular ☐ ruim ☐ péssima

20. Como você classificaria a experiência geral na trilha, em relação às informações e conteúdo educativo recebido:
☐ excelente ☐ boa ☐ regular ☐ ruim ☐ péssima

21. Como você classificaria a experiência geral na trilha, em relação à infra-estrutura de acampamentos e sanitários:
☐ excelente ☐ boa ☐ regular ☐ ruim ☐ péssima

22. Você teve algum problema específico durante a caminhada, que queira registrar?
☐ sim ☐ não
 Em caso afirmativo marque qual(is) problema(s) na lista abaixo:
☐ ficou confuso e perdido
☐ sofreu alguma torção ou lesão nas pernas e pés
☐ escorregou
☐ sofreu queda de própria altura
☐ sentiu frio durante a caminhada noturna
☐ sentiu frio no Pico
☐ se desidratou
☐ outro, especificar:

24. Com que frequência você caminha em trilhas?
☐ semanalmente ☐ mensalmente ☐ semestralmente ☐ anualmente
☐ passa mais de um ano sem caminhar em trilhas
☐ é a primeira vez que caminha em trilhas

Figura 4.11 (continuação) – Ficha utilizada para realização das entrevistas com visitantes.

Questionário FUNCIONÁRIOS

Pesquisa Análise Ambiental de Trilhas em UC's - PARNA Caparaó
Pós-graduação em Geografia/ Análise Ambiental - IGC - UFMG

Idade: Sexo:

Procedência: cidade -

estado -

1. Você trabalha no Parque há quanto tempo?

2. Você percorre regularmente a trilha de acesso ao Pico da Bandeira?

() sim () não

Em caso afirmativo, com que frequência você caminha por essa trilha?

() semanalmente () mensalmente () semestralmente () anualmente

() passa mais de um ano sem caminhar por ela

3. Você participa de alguma atividade de manutenção na trilha de acesso ao Pico da Bandeira?

() sim () não

Em caso afirmativo em que atividade?

Continuar com as perguntas abaixo se o funcionário percorre a trilha de acesso ao Pico...

4. Em algum momento você sente dúvidas em relação ao caminho certo a seguir na trilha?

() sim () não

Em caso afirmativo esta dúvida é:

() eventual () frequente () muito frequente

5. No caminho você se orienta utilizando:

() estacas () placas () flechas amarelas () a trilha mais marcada

() outro método, especificar:

6. Como você classifica a sinalização da trilha?

() excessiva () suficiente () insuficiente () inexistente

7. Marque, no esquema na trilha, o trecho em que você observa maior dificuldade para caminhar na trilha:

➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ser o mais difícil para caminhar: _____
 Qual(is) dificuldade(s) você observa?

8. Em termos gerais como você classificaria o piso da trilha:

() muito regular () regular () irregular () muito irregular

➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter o piso mais irregular: _____

9. Na trilha você achou a incidência de trechos escorregadios:

() alta () média () baixa

➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ser o mais escorregadio: _____

10. Na trilha você achou a incidência de trechos com inclinações fortes:

() alta () média () baixa

➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter as inclinações mais fortes: _____

11. Na trilha você acha a incidência de trechos com riscos:

() alta () média () baixa

➤ Se possível marque, no esquema da trilha, o trecho que você julga ter mais riscos: _____
 Qual(is) risco(s) você observou?

12. Como você classificaria a trilha, em relação ao conforto para caminhar:

() excelente () boa () regular () ruim () péssima

13. Como você classificaria a trilha, em relação à infra-estrutura de acampamentos e sanitários:

() excelente () boa () regular () ruim () péssima

14. Existe alguma coisa que queira registrar sobre a infra-estrutura, a utilização ou a manutenção da trilha?

Figura 4.12 – Ficha utilizada para realização de entrevistas com funcionários.

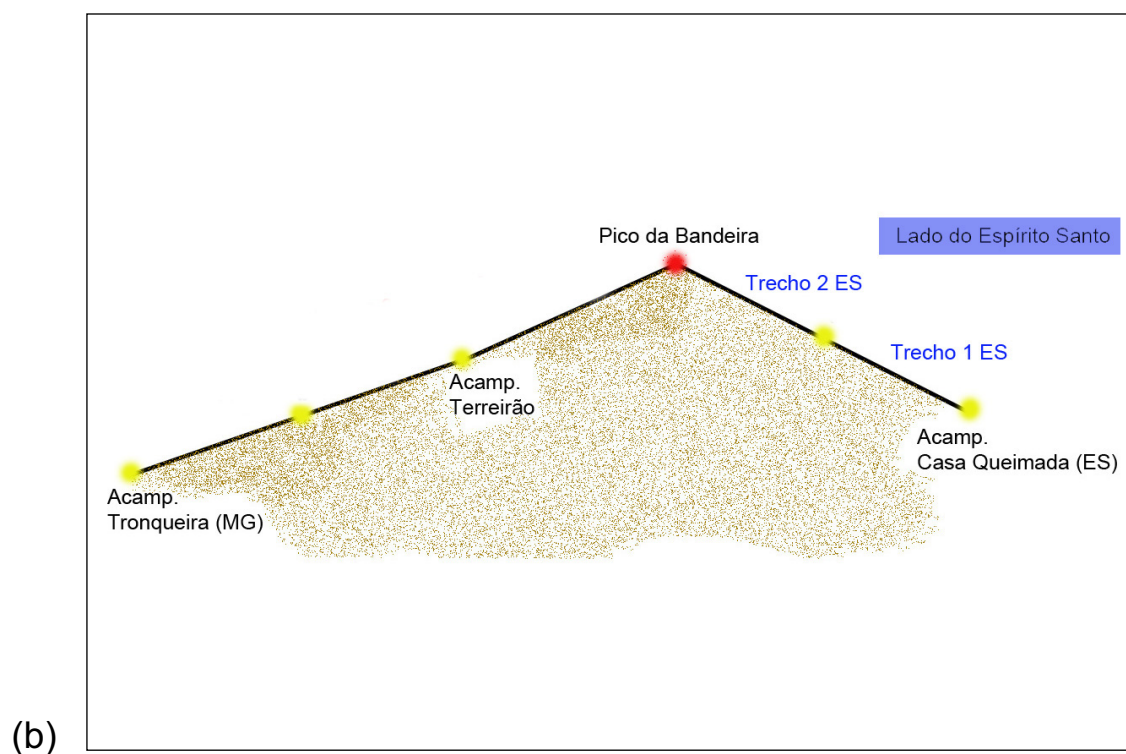
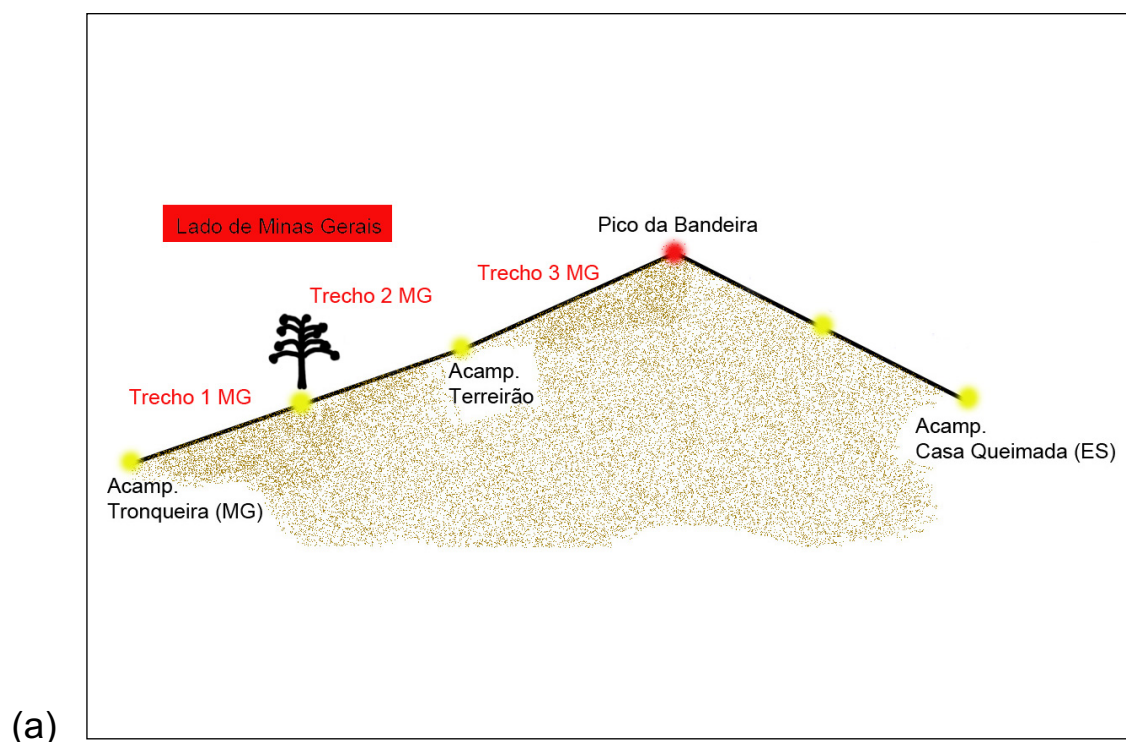


Figura 4.13 – Esquemas de perfis topográficos utilizados para identificação de trechos das Trilhas 1 e 2: (a) no lado de Minas Gerais – Trilha 1; (b) no lado do Espírito Santo – Trilha 2.

5. Resultados e discussão

5.1. Mapeamento de declividade

O trecho inicial da Trilha 1, até o ponto de monitoramento P2, e o trecho final, a partir do ponto de monitoramento P13, apresentam as declividades mais acentuadas, ficando acima dos 20% estabelecidos como limite inferior da classe de alta declividade. Já o trecho entre os pontos de monitoramento P2 e P13 apresenta declividades menos acentuadas, ficando, em sua maioria na faixa de declividade intermediária (Tabela 5.1). Cerca de um terço deste trecho apresenta baixa declividade. Na Trilha 2 observou-se que uma declividade uniforme, mas relativamente acentuada, já que todos os seus trechos mapeados enquadram-se na classe intermediária (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 – Classes de declividade – Trilha 1.

Trechos da Trilha 1	Declividade baixa, <10% (amarelo)	Declividade intermediária, ≥ 10 e $\leq 20\%$ (laranja)	Declividade alta, >20% (vermelho)
Início Trilha 1 a P1			X
P1 a P2			X
P2 a P3	X		
P3 a P4	X		
P4 a P5	X		
P5 a P6		X	
P6 a P7		X	
P7 a P8		X	
P8 a P9		X	
P9 a P10		X	
P10 a P11		X	
P11 a P12	X		
P12 a P13		X	
P13 a P18/P19*			X
P18/P19 ao Pico da Bandeira			X

*devido à proximidade, os pontos P18 e P19 foram considerados como um só ponto na determinação de classes de declividade.

Tabela 5.2 – Classes de declividade – Trilha 2.

Trechos da Trilha 1	Declividade baixa, <10% (amarelo)	Declividade intermediária, $\geq 10\%$ e $\leq 20\%$ (laranja)	Declividade alta, >20% (vermelho)
Início Trilha 2 a P14		X	
P14 a P15		X	
P15 a P16		X	
P16 a P17		X	
P17 ao Pico da Bandeira		X	

Observa-se uma configuração diferenciada entre as situações de declividades encontradas nas trilhas. A Trilha 1 apresenta uma situação altamente desfavorável para o manejo e controle de processos erosivos, levando-se em conta a declividade como fator de análise, concentrada em sua parte inicial e final. Na literatura é unânime o conceito de que a declividade acentuada é um fator que dificulta o manejo das trilhas, demandando infra-estrutura para caminhamento dos visitantes e controle de processos erosivos (MacKinnon, 1990; Magro, 1999; Lechner, 2005). Em seu percurso intermediário, entre os pontos de monitoramento P2 e P13, a Trilha 1 apresenta alternância entre trechos mais favoráveis e desfavoráveis. Já a Trilha 2 apresenta uma situação desfavorável em toda a sua extensão.

5.2. Variação da largura do leito da trilha

Na Trilha 1, a maioria dos pontos de monitoramento apresentou variações na largura do leito durante o período de medição. Somente três pontos na trilha não apresentaram variações expressivas. Os pontos P1, P2, P3, P4 e P8 tiveram variações menores que 20% na largura do leito, já os pontos P6 e P11 tiveram variações mais expressivas, superiores a 20% (Tabela 5.3). Na Trilha 2, observa-se uma situação semelhante à da Trilha 1. Dos três pontos monitorados somente um não apresentou variação de largura do leito (Tabela 5.4).

Segundo Lechner (2005), a variação de largura do leito da trilha é um indicador ambiental efetivo para diagnosticar e monitorar problemas de manejo, já que a situação ideal é que a largura do leito da trilha permaneça constante. Provavelmente, os pontos que apresentaram aumento na largura do leito da trilha, a maioria dos pontos de monitoramento da Trilha 1, indicam deficiências na sinalização, delimitação do leito da trilha e manutenção de uma superfície regular

para o caminhar dos visitantes. Estas deficiências causam o alargamento do leito da trilha, devido a um caminhar difuso, não direcionado pelo seu eixo central, procurando as superfícies mais regulares. O tráfego de mulas de carga, presente na Trilha 1, é outro fator que pode estar contribuindo para o alargamento do leito, já que estes animais também realizam um caminhar difuso, procurando trechos com menores irregularidades de superfície. Provavelmente, a diminuição da largura do leito da trilha também indica deficiências de manejo, já que pode estar associada à concentração excessiva do fluxo de caminhar no eixo central da trilha, sem a devida utilização de toda a faixa de largura do leito. Esta concentração pode contribuir para uma perda de solo mais acentuada concentrada no eixo central da trilha.

Tabela 5.3 – Variação de larguras do leito da Trilha 1 e classes correspondentes.

Ponto de Monitoramento	Largura do leito (m) – medida inicial, nov. 2008	Largura do leito (m) – medida final, out. 2010	Variação percentual*	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (vermelho)
P1	2,3	1,98	-13,91		X
P2	6,6	7,12	+7,88		X
P3	1,5	1,7	+13,33		X
P4	1,6	1,78	+11,25		X
P5	0,8	0,8	0	X	
P6	0,75	1,01	+34,67		X
P7	ponto perdido				
P8	1,7	2,03	+19,41		X
P9	1,1	1,12	+1,82	X	
P10	3,9	3,95	+1,28	X	
P11	0,9	0,71	-21,11		X
P13	0,66	0,68	+2,94	X	

* A variação percentual igual a 0 indica que não houve variação na largura da trilha, valores positivos indicam aumento na largura. Considerou-se um erro admissível de 2% em relação às medidas.

Tabela 5.4 – Variação de larguras do leito da Trilha 2 e classes correspondentes.

Ponto de Monitoramento	Largura do leito (m) – medida inicial, nov. 2008	Largura do leito (m) – medida final, out. 2010	Variação percentual*	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (vermelho)
P14	0,9	0,72	-20,00		X
P15	1	1,07	+7,00		X
P17	0,7	0,7	0	X	

* A variação percentual igual a 0 indica que não houve variação na largura da trilha, valores positivos indicam aumento na largura. Considerou-se um erro admissível de 2% em relação às medidas.

5.3. Presença de caminhos alternativos

Na Trilha 1, foi observada presença acentuada de trechos com caminhos alternativos. Somente o trecho entre os pontos P13 e P18/P19 apresenta-se com um único caminho. Na maior parte desta trilha, ocorrem trechos com dois caminhos alternativos, sendo que nas proximidades do Acampamento Terreirão e Pico da Bandeira observou-se um agravamento do problema, com trechos apresentando mais de dois caminhos alternativos (Tabela 5.5). Na figura 5.1 é apresentado o exemplo de um trecho, próximo ao ponto P7 e Acampamento Terreirão, onde este problema é visível.

Tabela 5.5 – Classes indicando presença de caminhos alternativos para a Trilha 1.

Trecho da Trilha 1	Caminho único (amarelo)	Presença de dois caminhos alternativos (laranja)	Presença de mais de dois caminhos alternativos (vermelho)
Início Trilha 1 a P1		X	
P1 a P2		X	
P2 a P3		X	
P3 a P4		X	
P4 a P5		X	
P5 a P6			X
P6 a P7			X
P7 a P8			X
P8 a P9			X
P9 a P10		X	
P10 a P11		X	
P11 a P12		X	
P12 a P13		X	
P13 a P18/P19*	X		
P18/P19 ao Pico da Bandeira			X

*devido à proximidade, os pontos P18 e P19 foram considerados como um só ponto na determinação de classes de presença de caminhos alternativos.



Figura 5.1 – Trecho da Trilha 1, próximo ao Acampamento Terreirão, visto à direita da imagem, próximo ao Ponto 7. Nota-se a presença de trechos com mais de dois caminhos alternativos, marcados pela elipse branca. Fonte: Google Earth®, acesso em 20/02/2011.

A presença generalizada de múltiplos caminhos na Trilha 1 indica um sério problema de manejo. Tanto para Magro (1999), quanto para Lechner (2005), a presença de caminhos alternativos é um indicador de deficiências de manejo de uma trilha. Esta multiplicação de caminhos indica principalmente as condições da trilha não são adequadas. Geralmente os locais onde o piso é irregular, onde existem sulcos de erosão, ou áreas alagadas são evitados pelos visitantes e mulas de carga, causando o aparecimento de múltiplos caminhos. Ao se multiplicarem os caminhos, aumenta a largura da faixa de alteração desta, causando impactos mais acentuados na flora e no solo. Por outro lado, o visitante, em muitos pontos, não sabe qual caminho seguir e acaba por agravar o problema. Nesta trilha as possíveis causas para este problema são:

- 1) falhas no sistema de sinalização, que não indica precisamente o caminho a seguir;
- 2) falhas na definição e manutenção do leito da trilha, com presença, por exemplo, de áreas alagadas ou com piso irregular, o que força o visitante a procurar caminhos alternativos mais fáceis;

3) trânsito de mulas de carga, que usualmente procuram caminhos alternativos, de transposição mais fácil, a depender das condições climáticas e de regularidade do piso;

Os impactos do trânsito de mulas de carga estão relacionados principalmente com a maior pressão causada pelos cascos em contato com o solo. Em um ser humano, considerando peso médio de 70Kg, a média de pressão exercida pelos pés é de 0,23Kg/cm², já nas mulas carregadas, considerando peso médio de 450Kg, a média de pressão exercida pelos cascos é de 1,34Kg/cm², uma pressão quase 6 vezes maior⁸. Segundo DeLuca *et al.* (1998), o deslocamento de sedimentos exercida por um cavalo, numa trilha, é o dobro da exercida por um humano. Outras fontes de literatura confirmam que os impactos causados por eqüídeos, no solo e na vegetação nativa, são mais acentuados do que os provocados por humanos (Wilson & Seney, 1994; Cole & Spildie, 1998).

Na Trilha 2 observa-se uma realidade diferente. Não existem trechos com mais de dois caminhos alternativos e a presença de trechos com somente um caminho⁹ é predominante (Tabela 5.6). Somente no trecho final, próximo ao Pico da Bandeira, esta trilha apresenta mais de dois caminhos alternativos. Mas, neste ponto a Trilha 2 junta-se à Trilha 1, no acesso final ao Pico, sofrendo influência do intenso fluxo de visitantes desta. Na figura 5.2 é apresentado como exemplo o trecho inicial da Trilha 2, nota-se que a presença de dois caminhos alternativos não é preponderante.

Tabela 5.6 – Classes indicando presença de caminhos alternativos para a Trilha 2.

Trecho da Trilha 1	Caminho único (amarelo)	Presença de dois caminhos alternativos (laranja)	Presença de mais de dois caminhos alternativos (vermelho)
Início Trilha 2 a P14	X		
P14 a P15		X	
P15 a P16		X	
P16 a P17	X		
P17 ao Pico da Bandeira			X

*devido à proximidade, os pontos P18 e P19 foram considerados como um só ponto na determinação de classes de presença de caminhos alternativos.

⁸ Cálculos do autor, com base em medidas efetuadas em ser humano e eqüídeos com peso médio.

⁹ É importante salientar que a avaliação é feita no trecho completo, correspondente ao intervalo entre dois pontos de monitoramento. A existência de caminhos alternativos, mesmo que numa pequena extensão, já coloca o trecho na classe “Presença de dois caminhos alternativos”.



Figura 5.2 – Trecho inicial da Trilha 2: nota-se a predominância de trechos com um único caminho. O trecho onde ocorrem dois caminhos alternativos está destacado pelas linhas brancas e indicado pela elipse. Fonte: Google Earth®, acesso em 20/02/2011.

A predominância de trechos com um único caminho, na Trilha 2, indica uma menor incidência de problemas de manejo e uma faixa de alteração mais estreita do que a presente na Trilha 1. As possíveis causas para esta diferença são:

- 1) Ausência do trânsito de mulas de carga, com a conseqüente ausência dos impactos causados por este fluxo;
- 2) Menor fluxo de visitantes, em relação à Trilha 1;
- 3) Melhores condições de definição do leito da trilha; este fator está diretamente ligado à menor intensidade de fluxo de visitantes;

5.4. Contextualização da trilha na vertente

A determinação de classes de contextualização da trilha na vertente, para as Trilha 1, foi obtida com dados expostos na tabela 5.7. A partir da razão entre declividade paralela e transversal foram estabelecidas três classes de contextualização da trilha na vertente:

- **classe 1** (amarelo), trilha paralela às curvas de nível da vertente – menor propensão à erosão. Corresponde aos valores de razão entre declividades $\leq 0,5$.
- **classe 2** (laranja), trilha oblíqua em relação às curvas de nível da vertente – propensão intermediária à erosão. Corresponde aos valores de razão entre declividades $> 0,50$ e $\leq 1,00$.
- **classe 3** (vermelha), trilha perpendicular às curvas de nível da vertente – maior propensão à erosão. Corresponde aos valores de razão entre declividades $> 1,00$.

Nesta trilha, os pontos P1, P2, P7, P8, P12, P13 e P18/P19, ou seja, a metade dos pontos de monitoramento, apresentaram a situação menos favorável. Segundo MacKinnon (1990), esta situação, da maioria dos pontos da Trilha 1, determina o mais alto grau de propensão à erosão. Já os pontos P3, P4, P5 e P11 apresentaram a situação mais favorável. Os pontos P6, P9 e P10 apresentaram uma contextualização intermediária (Tabela 5.8). Portanto, mais de dois terços dos pontos de monitoramento da Trilha 1 são configurados em situação de propensão à erosão intermediária ou alta. Esta situação, aliada à presença de declividade acentuada, evidenciada no item 5.1, cria uma situação crítica e de difícil controle para a Trilha 1.

Tabela 5.7 – Declividades paralelas, transversais e razão entre declividades paralelas e transversais dos pontos de monitoramento, Trilha 1.

Ponto de Monitoramento	Declividade paralela (%)	Declividade transversal (%)	Razão entre declividade paralela e transversal
P1	27	7	3,86
P2	31	3	10,33
P3	9	25	0,36
P4	9	18	0,50
P5	11	25	0,44
P6	11	14	0,79
P7	20	13	1,54
P8	11	5	2,20
P9	17	22	0,77
P10	13	18	0,72
P11	1	4	0,25
P12	16	9	1,78
P13	31	11	2,82
P18/P19	23	9	2,56

*devido à proximidade, os pontos P18 e P19 foram considerados como um só ponto na determinação de classes de contextualização da trilha na vertente.

Tabela 5.8 – Classes de contextualização da trilha na vertente, Trilha 1.

Ponto de Monitoramento	Razão entre declividade paralela e transversal	Trilha paralela às curvas de nível da vertente (amarelo)	Trilha oblíqua às curvas de nível da vertente (laranja)	Trilha perpendicular às curvas de nível da vertente (vermelho)
P1	3,86			X
P2	10,33			X
P3	0,36	X		
P4	0,50	X		
P5	0,44	X		
P6	0,79		X	
P7	1,54			X
P8	2,20			X
P9	0,77		X	
P10	0,72		X	
P11	0,25	X		
P12	1,78			X
P13	2,82			X
P18/P19	2,56			X

*devido à proximidade, os pontos P18 e P19 foram considerados como um só ponto na determinação de classes de contextualização da trilha na vertente.

Para a Trilha 2, foi utilizado o mesmo procedimento. Os pontos P14, P15 e P17 apresentaram a situação menos favorável, de maior propensão à erosão. Somente o ponto P16 apresentou a contextualização mais favorável (Tabelas 5.9 e 5.10). Observa-se que entre a situação da Trilha 2 é ainda mais crítica que a da Trilha 1, pois nesta a maioria dos pontos de monitoramento apresenta o grau mais alto de propensão à erosão. Considerando os resultados expostos no item 5.1, observa-se que a presença generalizada de uma declividade intermediária, entre 10 e 20%, agrava este problema.

Tabela 5.9 – Declividades paralelas, transversais e razão entre declividades paralelas e transversais dos pontos de monitoramento, Trilha 2.

Ponto de Monitoramento	Declividade paralela (%)	Declividade transversal (%)	Razão entre declividade paralela e transversal
P14	23	6	3,83
P15	34	6	5,67
P16	17	22	0,77
P17	43	18	2,39

Tabela 5.10 – Classes de contextualização da trilha na vertente, Trilha 2.

Ponto de Monitoramento	Razão entre declividade paralela e transversal	Trilha paralela às curvas de nível da vertente (amarelo)	Trilha oblíqua às curvas de nível da vertente (laranja)	Trilha perpendicular às curvas de nível da vertente (vermelho)
P14	3,83			X
P15	5,67			X
P16	0,77		X	
P17	2,39			X

5.5. Área da seção transversal e análise de solos

A seguir são apresentados, em conjunto, os resultados dos indicadores ambientais: variação da seção transversal e análise de solos – granulometria, teor de argila dispersa em água, grau de floculação e teor de matéria orgânica. Optou-se por apresentar estes resultados organizados de acordo com os pontos de monitoramento.

Trilha 1 – Acesso ao Pico da Bandeira pelo lado de Minas Gerais

Ponto de monitoramento P1

Este ponto localiza-se logo no início da Trilha 1, logo acima da área do Acampamento Tronqueira, em trecho com alta declividade. O traçado estabelecido assumiu a situação mais desfavorável geomorfologicamente, pois a trilha segue a linha de maior declividade da vertente, colocando-se perpendicular às curvas de nível (Figura 5.3a). Nesta situação o fluxo superficial de água tende a ganhar maior energia, proporcionando um transporte de sedimentos mais intenso, especialmente no leito da trilha.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradação de solo - o diagrama de variação da área da seção transversal indica que este ponto sofreu agradação de sedimentos na porção direita do leito da trilha, entre o eixo central e o pino C (Figuras 5.3b e 5.3c). Esta acumulação é facilitada pela declividade lateral notada no ponto, sendo a área dos pinos C e D mais baixa que a dos pinos A e B. A agradação de sedimentos detectada pode ser explicada de duas formas distintas. A primeira explicação é que a agradação foi causada por ações de manutenção no local, ocorridas dentro do intervalo de medição, pois o ponto P1 está localizado no início da Trilha 1, um trecho de mais fácil acesso para execução destas atividades pelos funcionários do Parque. De acordo com observações em campo, notou-se que estas ações de manutenção tem incluído a adição periódica de sedimentos ao leito da trilha, com a intenção de compensar as alterações superficiais causada por processos erosivos. Também de acordo com observações em campo, notou-se que os locais que sofreram este tipo de intervenção não possuem estruturas de contenção e drenagem adequadas, permitindo o transporte dos sedimentos adicionados. A segunda explicação é que

a agradação foi causada por acumulação de sedimentos vindos do trecho da trilha à montante, sem relação com ações de manutenção, pois o ponto P1 está localizado na parte inferior de um trecho com elevada declividade, onde o transporte de sedimentos é naturalmente mais intenso (Figura 5.3b e 5.3c).

- Análise de solos - Em relação à granulometria, as amostras da borda e do leito apresentaram textura mais grossa, com maior proporção da fração areia (tabela 5.11). Este fato pode estar relacionado à agradação de sedimentos arenosos. O teor de argila dispersa em água é relativamente maior nas amostras B borda, leito e D externa, indicando maior instabilidade da fração argila nestes pontos. O grau de floculação, conseqüentemente, é relativamente mais baixo nestas mesmas amostras. Já era esperada uma alteração deste tipo na amostra leito, mas uma alteração na amostra B borda indica que a faixa de alteração no P1 se estende para fora do leito da trilha, atingindo a faixa lateral, próxima ao pino B. Na amostra D externa, coletada fora do leito e próximo ao pino D, foi observado o maior teor de argila dispersa em água, indicando forte alteração em relação aos outros pontos. Esta alteração local pode ser explicada pela presença, observada em campo, de um sulco de erosão. Uma análise dos teores de carbono orgânico indica que não existe diferenciação notável entre as amostras, pois todas possuem baixo teor de CO. Como as amostras externas possuem este baixo teor de CO, pode-se inferir que esta é a condição natural do local.

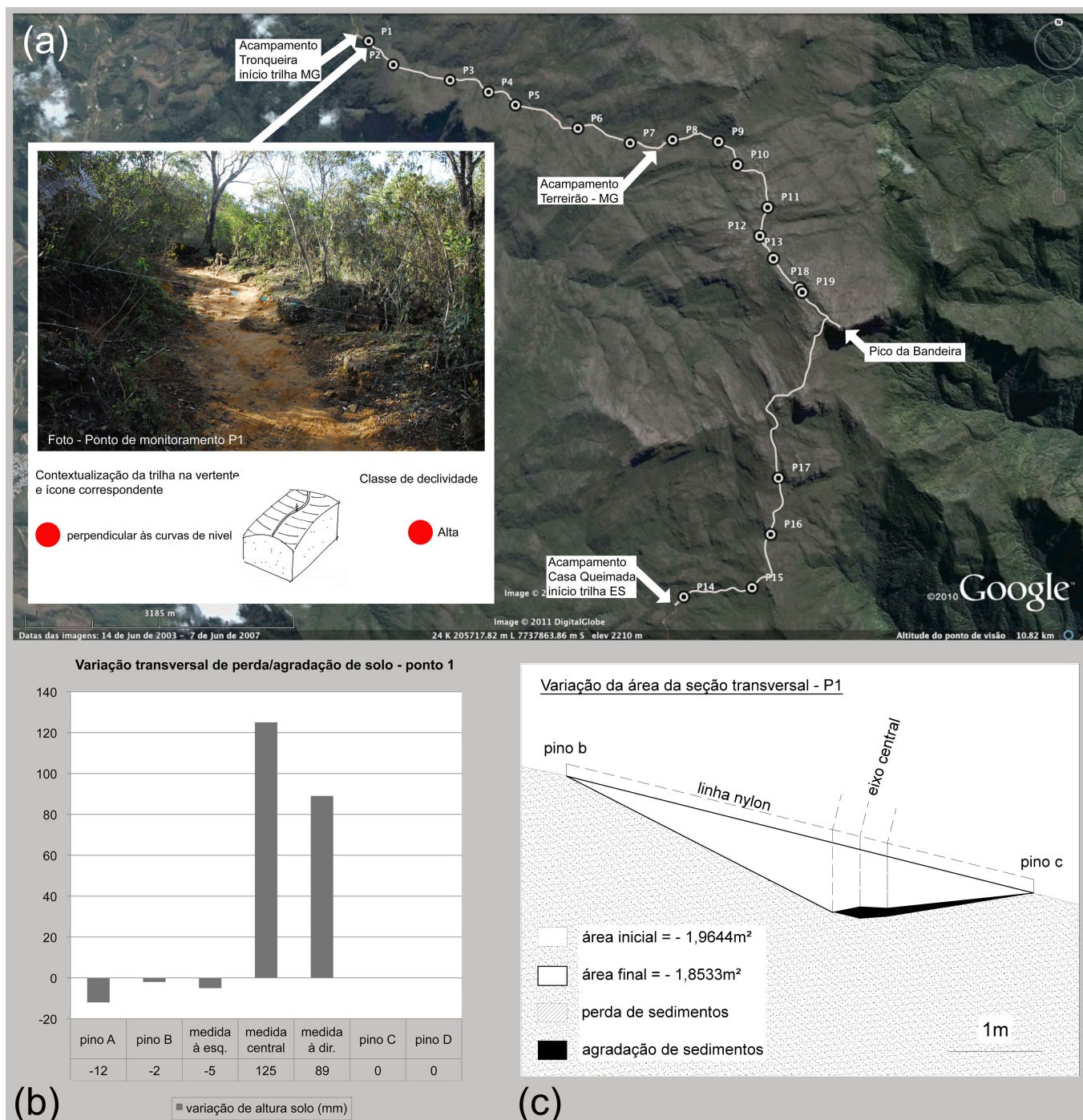


Figura 5.3 – Dados de análise ponto de monitoramento P1: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.11 – Análises de solo do ponto de monitoramento P1

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	% MO
A externa	36,6	35,4	28,0	1,7	93,9	16,4
B borda	44,6	31,2	24,2	4,2	82,6	17,5
leito	41,4	33,0	25,6	5,6	78,1	6,3
C borda	44,4	32,7	22,9	0,9	96,1	12,8
D externa	29,9	41,1	29,0	9,2	68,3	16,3

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P2

No local onde estabeleceu-se o P2, o leito da trilha apresenta-se com mais de 6,5m de largura, configurando uma junção de caminhos em avançado estágio, entremeada com porções remanescentes de vegetação rasteira e afloramentos de rocha (Figura 5.4a). O ponto de monitoramento localiza-se logo acima de um trecho da trilha que apresenta declividade acentuada, mas nas suas proximidades a declividade foi classificada como intermediária. Observa-se, na faixa de alteração da trilha, uma configuração de piso heterogênea, pois algumas áreas apresentam vegetação rasteira pouco densa, outras afloramentos de rocha. No eixo central da trilha, nota-se um sulco de erosão e uma área com maior presença de solo. Prioritariamente, os visitantes utilizam esta faixa, pois a ausência de rochas e vegetação facilita a progressão. Neste ponto o traçado da trilha assume, assim como no P1, uma contextualização geomorfológica desfavorável, seguindo perpendicular às curvas de nível.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradiação de solo – o diagrama de área da seção transversal e o gráfico de perda/agradiação de solo mostram perda concentrada na faixa central da trilha, mostrando que o fluxo de visitantes e mulas tem priorizado o eixo central como ponto de passagem (Figuras 5.4b e 5.4c). A perda de solo nesta área é expressiva, ultrapassando 60mm durante o intervalo de monitoramento. Este comportamento indica que a tendência no local é de aprofundamento do sulco de erosão, caso não sejam tomadas medidas de controle. Já na área externa à trilha observou-se um comportamento mais estável do solo, com perda ou agradiação nunca superior a 7mm.

- Análise de solos – as amostras A externa, B borda e do leito apresentam predomínio granulométrico da fração areia (tabela 5.12). Observando-se o teor de argila dispersa em água, nota-se que são relativamente altos os teores das amostras externas e mais baixos os teores das amostras do leito e das bordas. Interpretando estes resultados pode-se concluir que o solo no leito da trilha, apesar da perda detectada, possui certa estabilidade da fração argila, provavelmente causada pela compactação. Isto, possivelmente, está evitando uma perda de solo ainda maior no local. A amostra D externa apresenta o maior teor de argila dispersa em água e um baixo grau de floculação, indicando que

este local, apesar de externo ao leito, apresenta instabilidade. Em relação ao teor de carbono orgânico observa-se um valor relativamente menor na amostra do leito, indicando que a alteração de solo neste local foi mais intensa. O teor de CO é baixo nas amostras da borda e amostra D externa, indicando que, provavelmente, a taxa de reposição de carbono orgânico da área é baixa nestes locais. Esta condição natural de baixa reposição de CO pode ser explicada pelo porte, rasteiro, da vegetação do entorno. A amostra A externa já mostra uma variação local, com um teor de CO mais alto.

- Análise de solos – as amostras A externa, B borda e do leito apresentam predomínio granulométrico da fração areia (tabela 5.12). Observando-se o teor de argila dispersa em água, nota-se que são relativamente altos os teores das amostras externas e mais baixos os teores das amostras do leito e das bordas. Interpretando estes resultados pode-se concluir que o solo no leito da trilha, apesar da perda detectada, possui certa estabilidade da fração argila, provavelmente causada pela compactação. Isto, possivelmente, está evitando uma perda de solo ainda maior no local. A amostra D externa apresenta o maior teor de argila dispersa em água e um baixo grau de floculação, indicando que este local, apesar de externo ao leito, apresenta instabilidade. Em relação ao teor de carbono orgânico observa-se um valor relativamente menor na amostra do leito, indicando que a alteração de solo neste local foi mais intensa. O teor de CO é baixo nas amostras da borda e amostra D externa, indicando que, provavelmente, a taxa de reposição de carbono orgânico da área é baixa nestes locais. Esta condição natural de baixa reposição de CO pode ser explicada pelo porte, rasteiro, da vegetação do entorno. A amostra A externa já mostra uma variação local, com um teor de CO mais alto.

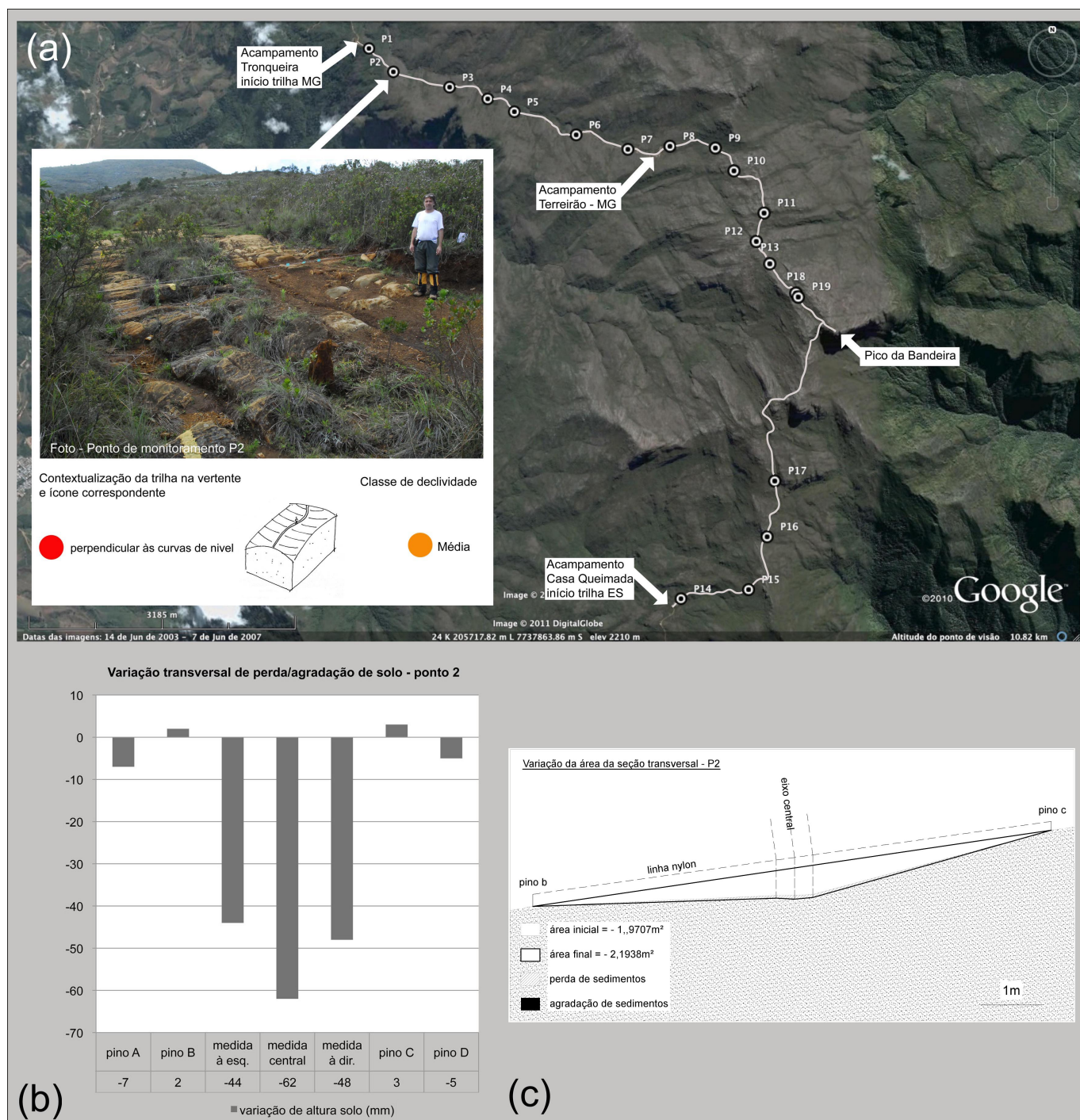


Figura 5.4 – Dados de análise ponto de monitoramento P2: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agração de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.12 – Análises de solo do ponto de monitoramento P2

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	56,4	18,6	25,0	7,2	71,2	27,1
B borda	78,1	14,2	7,7	3,7	51,9	3,2
leito	53,6	27,0	19,4	1,1	94,3	3,3
C borda	25,2	37,1	37,7	1,0	97,3	17,4
D externa	28,4	34,8	36,8	11,1	69,8	16,6

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P3

Este local foi alvo de atividades de manutenção antes do início do monitoramento. Estas ações tiveram como objetivo conformar um leito regular e plano, realizando corte, aterro e conformando uma borda crítica¹⁰. Neste ponto a trilha apresenta baixa declividade e contextualização geomorfológica favorável, com traçado seguindo paralelo às curvas de nível da vertente (Figura 5.5a).

- Área da seção transversal e análise de perda/agradação de solo – o comportamento da seção transversal indica que a porção aterrada, parte esquerda do leito, sofreu perda de solo, da ordem de 17mm, já a parte que foi cortada, parte direita do leito, sofreu agradação de sedimentos, que ultrapassou 30mm (Figura 5.5b e 5.5c). Isto indica que, tanto as faixas aterradas quanto cortadas ficaram instáveis, sofrendo alterações que invalidaram as obras de manutenção, pois o leito perdeu a sua regularidade. A faixa externa à trilha sofreu agradação de sedimentos em menor intensidade, não ultrapassando 8mm, o que indica comportamento mais estável do que o leito da trilha. Certamente, se o contexto geomorfológico do trecho não fosse favorável, as alterações superficiais no leito da trilha teriam sido mais intensas.

- Análise de solos – os dados de granulometria da amostra do leito da trilha apresentaram maior proporção de areia (tabela 5.13). Isto indica que, neste local, foi adicionado sedimento com textura mais arenosa, diferente das características originais do local. A amostra D externa, coletada nas proximidades do pino D, apresenta claro predomínio da fração silte. As amostras do leito da trilha, e as amostras da borda, apresentam os maiores teores de argila dispersa em água e menores valores de grau de flocculação. Este fato indica que a faixa de alteração da trilha se estende até as bordas. O grande predomínio de silte na amostra D externa possivelmente causou um baixo grau de flocculação neste ponto, não sendo consequência de alteração antrópica. A variação transversal do teor de carbono orgânico mostra claramente que o leito da trilha possui menor teor deste importante constituinte e agente estabilizador do solo. Como os teores das outras amostras, da borda e externas, apresentam-se muito altos, pode-se concluir que a alteração por perda de carbono orgânico está restrita ao leito da trilha.

¹⁰ Segundo Lechner (2005), borda crítica é a aresta lateral, conformada pela junção entre o plano do leito de uma trilha e do plano do aterro, abaixo desta.

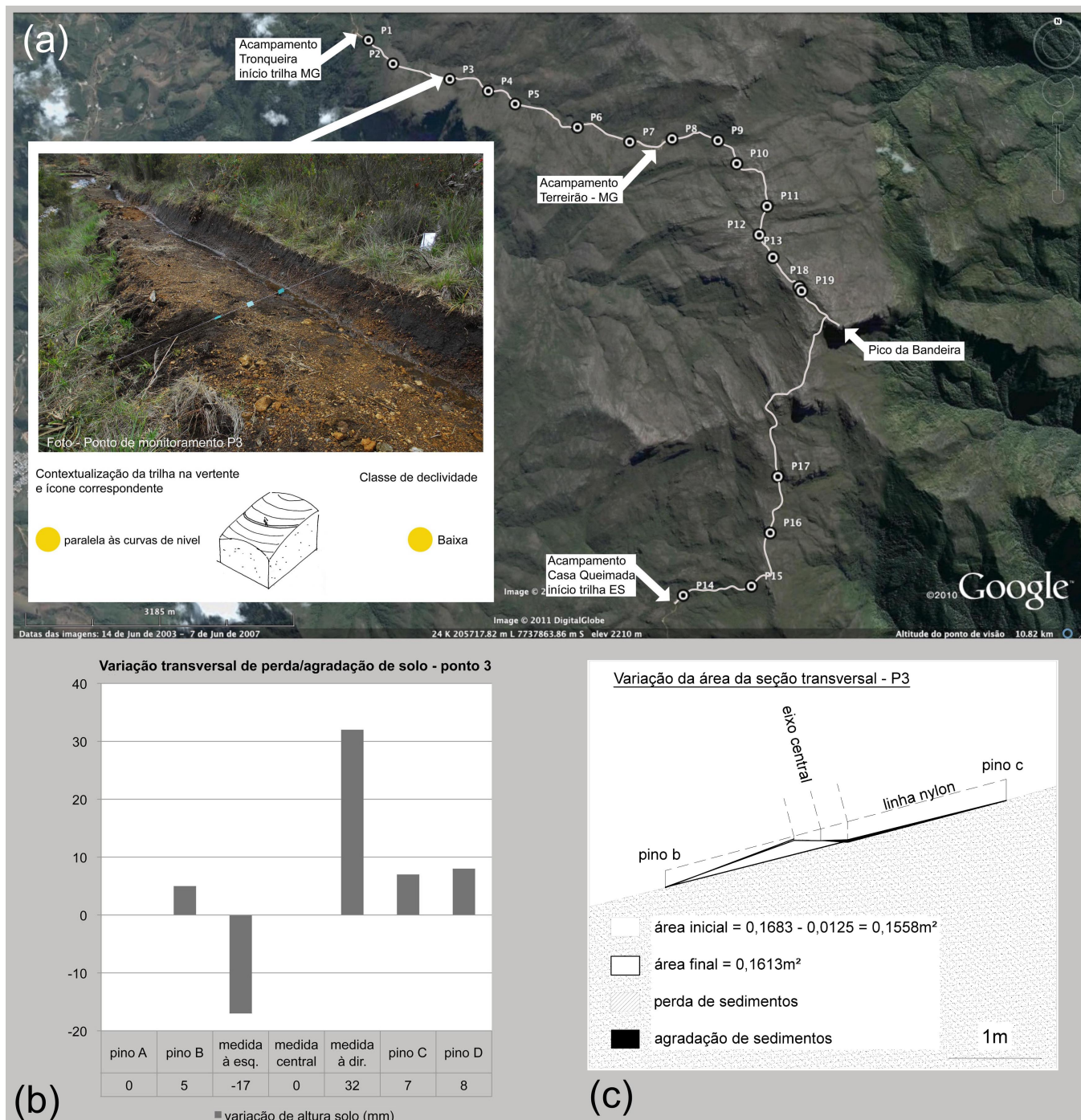


Figura 5.5 – Dados de análise ponto de monitoramento P3: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradção de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.13 – Análises de solo do ponto de monitoramento P3

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	38,8	41,8	19,4	0,3	98,5	25,0
B borda	41,6	37,7	20,7	5,4	73,9	27,0
leito	57,8	25,9	16,3	4,3	73,6	11,8
C borda	35,0	40,3	24,7	6,2	74,9	29,1
D externa	28,7	69,9	1,4	0,6	57,1	26,9

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P4

Este ponto de monitoramento localiza-se em trecho da trilha com baixa declividade e de contextualização geomorfológica favorável em relação à vertente (Figura 5.6a). Deste local em diante a trilha não apresenta sinais de ter sofrido ações de manutenção recentes.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradção de solo – observa-se perda de solo, não ultrapassando 34mm, concentrada na parte central e lateral direita do leito da trilha (Figura 5.6b e 5.6c). De acordo com estas medições o fluxo de uso neste ponto tende a se concentrar na faixa direita do leito da trilha. Já as leituras realizadas nos pinos de monitoramento indicam um comportamento bem mais estável, com perda e agradção não ultrapassando 4mm.

- Análise de solos – a amostra A externa, coletada próximo ao pino A, apresentou uma diferenciação em relação à granulometria, com textura predominantemente arenosa (tabela 5.14). Já a amostra coletada próximo ao pino D, amostra D externa, apresenta textura semelhante à amostra do leito, com predomínio da fração silte. O teor de argila dispersa em água é maior na amostra do leito da trilha, o que confirma o maior nível de alteração e instabilidade no local. No mesmo local o grau de floclação apresenta-se mais baixo. Quanto ao teor de carbono orgânico, a amostra do leito mostrou teor relativamente mais baixo, em relação à amostra D externa, indicando a alteração, com conseqüente perda de carbono orgânico, concentrada no leito da trilha. A amostra A externa apresentou baixo teor de CO, o que pode estar relacionado a uma condição natural e à sua textura predominantemente arenosa.

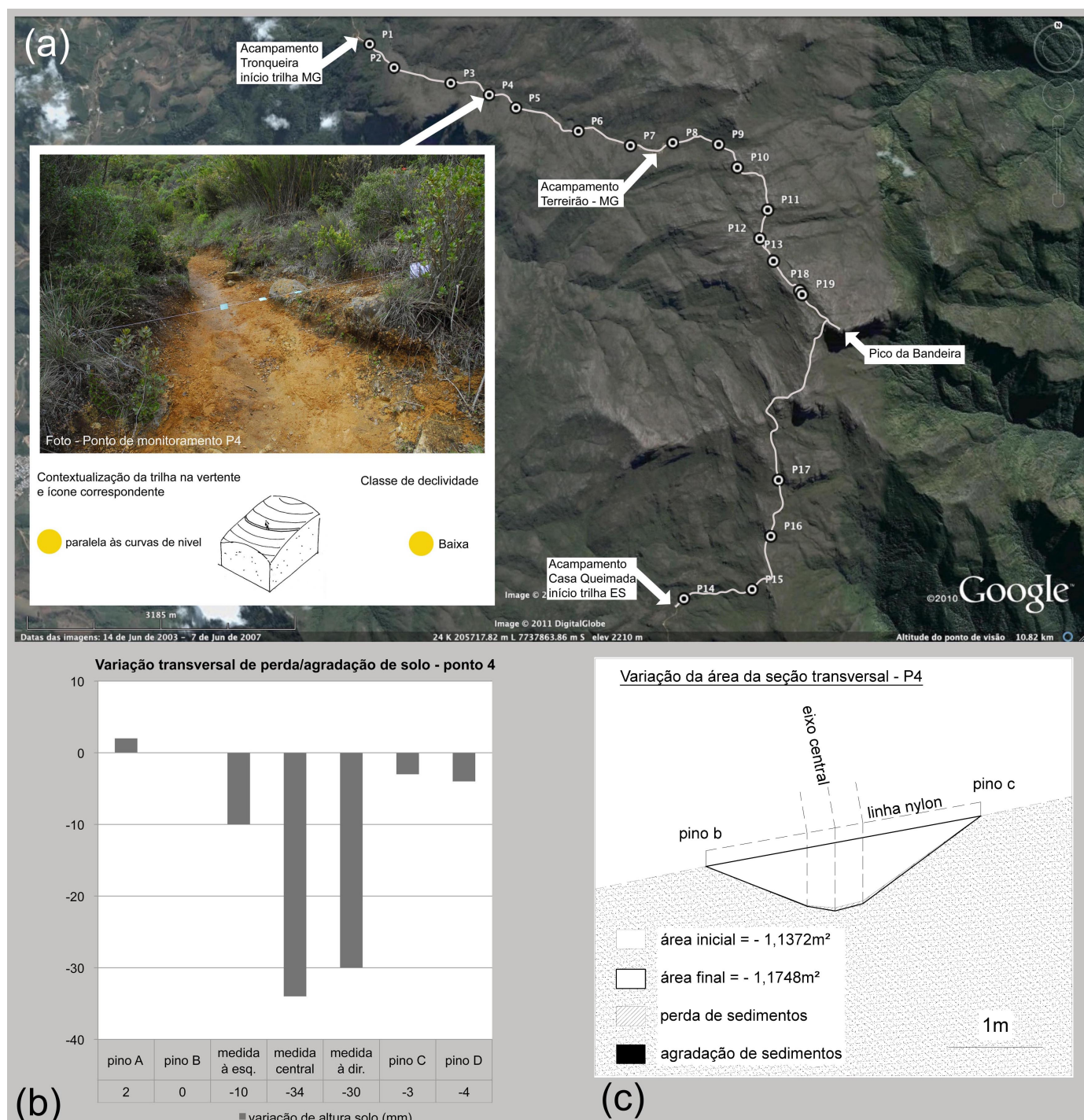


Figura 5.6 – Dados de análise ponto de monitoramento P4: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.14 – Análises de solo do ponto de monitoramento P4

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	50,6	33,1	16,3	6,1	62,6	6,6
leito	25,0	50,3	24,7	10,4	57,9	2,0
D externa	28,5	40,6	30,9	7,6	75,4	14,5

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P5

No local deste ponto de monitoramento existe vegetação florestal, constituindo um dos únicos pontos da trilha com a proteção exercida por esta camada vegetal (Figura 5.7a). Seguindo as mesmas características expostas para o P4, este ponto localiza-se em trecho com baixa declividade e contexto geomorfológico favorável em relação à vertente, ou seja, a trilha segue paralela às curvas de nível da vertente.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradação de solo – este ponto apresentou um comportamento estável em relação aos outros pontos de monitoramento da Trilha 1. As perdas de solo são quantitativamente menores, não ultrapassando 12mm, e acontecem perdas maiores nas medidas externas do que nas medições realizadas no leito da trilha (Figura 5.7b e 5.7c). Isto confirma o efeito de proteção da vegetação (Lechner, 2005; Jorge, 1985), que diminui sensivelmente os efeitos erosivos sobre o solo. Este fator, somado à baixa declividade observada no local e ao posicionamento favorável da trilha na vertente faz com que seja este o ponto com as menores alterações, na Trilha 1. Foi observada pequena agradação de sedimentos no eixo central da trilha, indicando que o ponto recebe material transportado de outro local, em pequenas proporções.

- Análise de solos – em relação à granulometria existe uma diferenciação entre as amostras externas, com textura predominantemente siltosa, e a amostra do leito, que apresenta maior presença das frações argila e areia (tabela 5.15). Pode-se inferir que este ponto está recebendo, através do leito da trilha, sedimentos mais arenosos. Uma confirmação para esta hipótese é a constatação da pequena agradação, na área do eixo da trilha. A amostra do leito apresenta indicações de maior alteração e instabilidade em relação às amostras externas, pois seu teor de argila dispersa em água é maior e o seu grau de floculação é menor. No entanto, esta alteração é proporcionalmente menos intensa do que a maioria dos outros pontos de monitoramento da Trilha 1. Em relação ao teor de carbono orgânico, observa-se que a amostra do leito apresenta um grau nitidamente mais baixo do que as amostras externas, indicando a alteração e perda deste constituinte na área do leito da trilha.

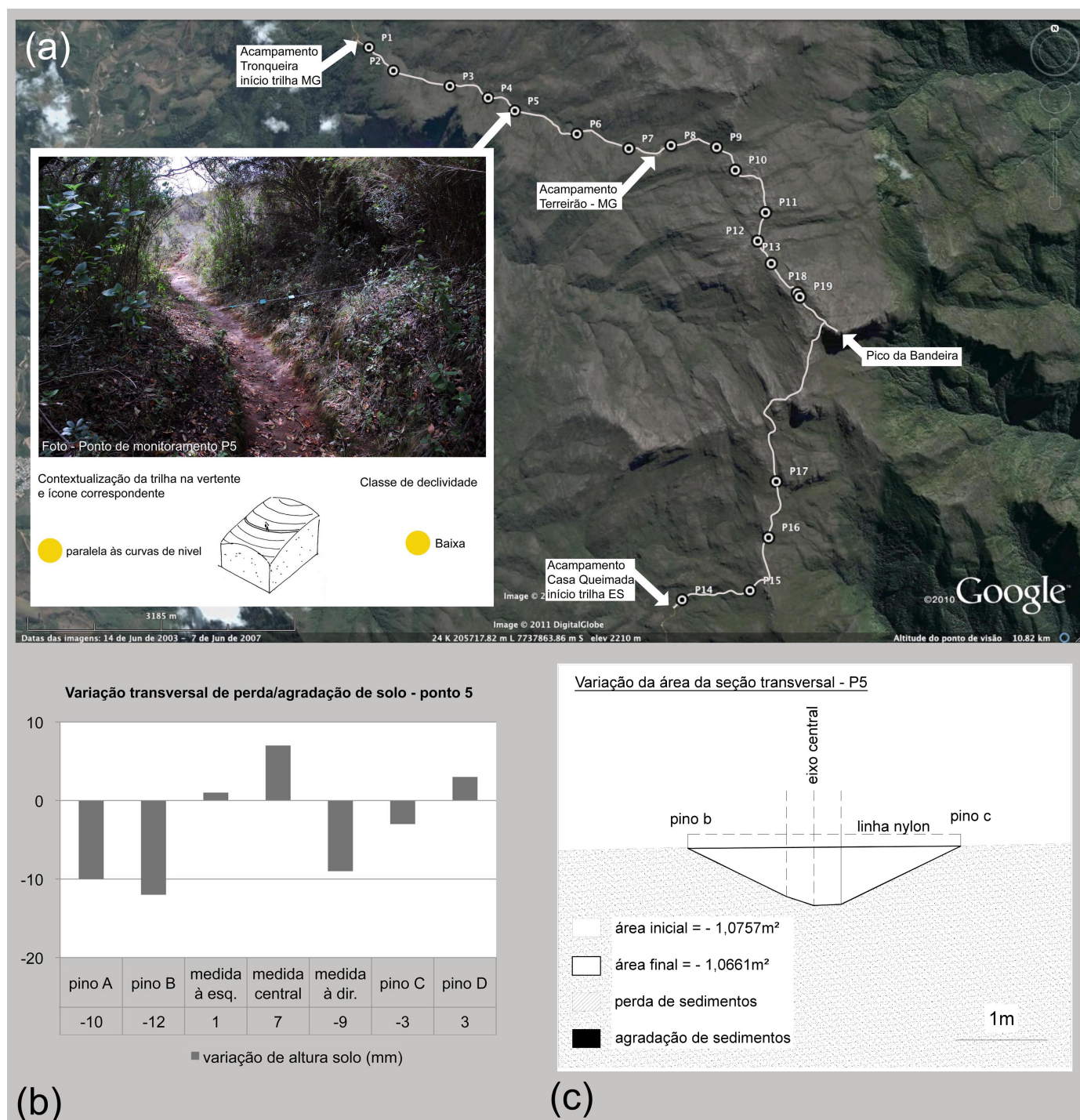


Figura 5.7 – Dados de análise ponto de monitoramento P5: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradção de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.15 – Análises de solo do ponto de monitoramento P5

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	19,2	47,2	33,6	1,8	94,6	31,1
leito	27,9	33,3	38,8	4,7	87,9	4,7
D externa	19,5	50,8	29,7	2,1	92,9	36,7

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P6

A trilha neste ponto apresenta classificação de declividade intermediária e contextualização geomorfológica menos favorável, com o traçado seguindo oblíquo às curvas de nível da vertente (Figura 5.8a). Durante a instalação do ponto de monitoramento observou-se um acúmulo de água no local.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradação de solo – observa-se no ponto agradação de sedimentos na lateral esquerda do leito da trilha e em sua área externa esquerda, na área dos pinos A e B (Figura 5.8b e 5.8c). Já no eixo central e lateral direita do leito observa-se perda de solo. Em ambas as situações as perdas e agradações não ultrapassam 16mm. Na área externa, à direita do leito da trilha, foi observado um comportamento estável. Esta concentração de agradação de sedimentos na lateral esquerda da seção transversal provavelmente está sendo causada pelo fluxo superficial de água, que provoca acúmulo de sedimentos nesta faixa.

- Análise de solos – as amostras apresentam uniformidade granulométrica, com predomínio da fração areia, somente a amostra A externa apresenta predomínio da fração silte (tabela 5.16). O teor de argila dispersa em água é maior na amostra do leito e A externa, assim como os valores de grau de floculação são mais baixos nestes locais. Na amostra do leito esta instabilidade é decorrente da alteração direta da trilha, mas o alto teor de argila dispersa em água da amostra A externa pode ser explicado pela sua textura, com predomínio de silte. O teor de carbono orgânico é mais baixo na amostra do leito da trilha e nas amostras das bordas, indicando que a alteração de perda deste constituinte não se restringe ao leito da trilha, mas se estende às faixas laterais. Somente as faixas externas indicam baixa alteração em relação ao teor de carbono orgânico.

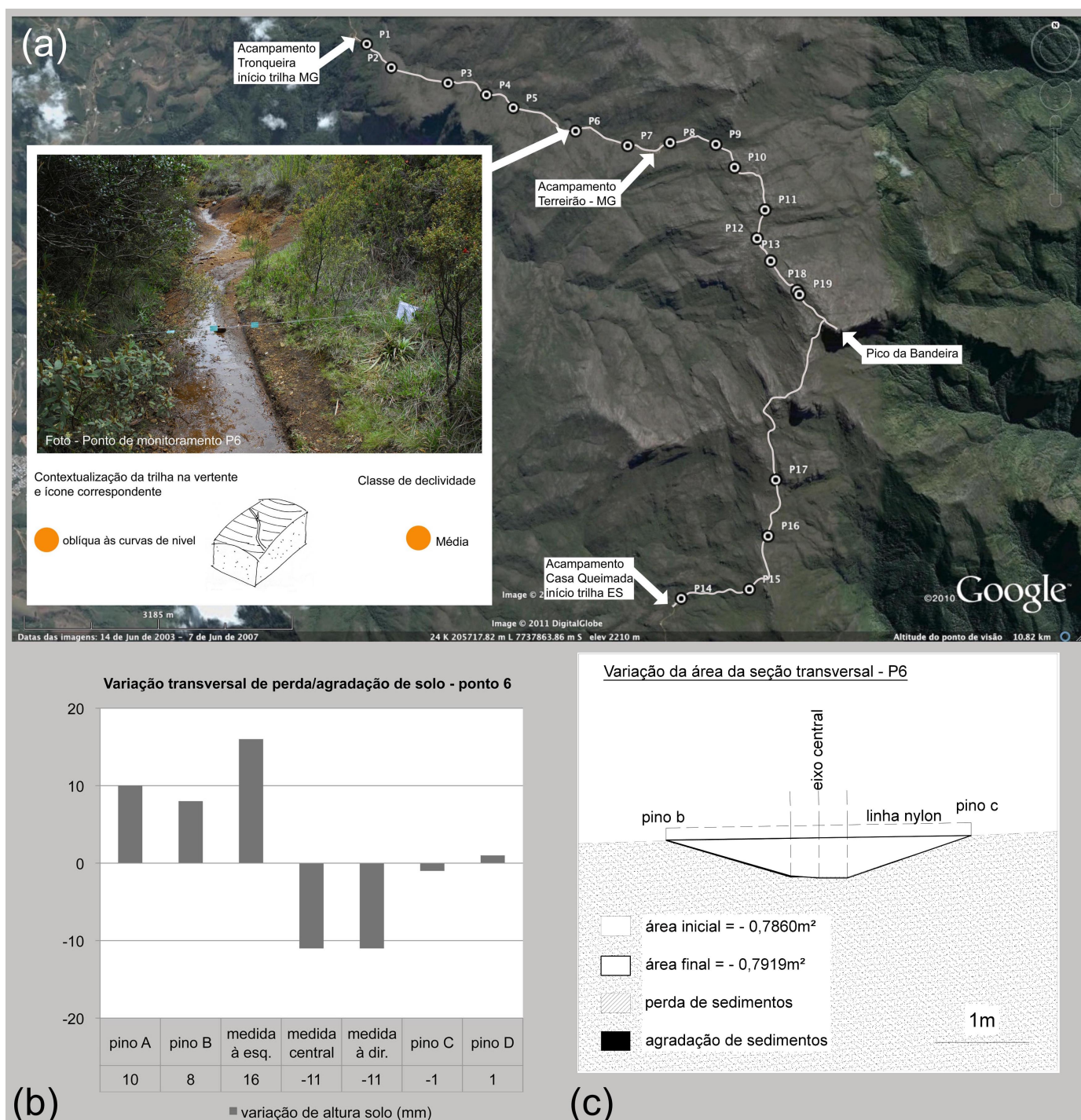


Figura 5.8 – Dados de análise ponto de monitoramento P6: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.16 – Análises de solo do ponto de monitoramento P6

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	20,5	53,7	25,8	7,5	70,9	35,0
B borda	53,7	27,6	18,7	2,9	84,5	20,7
leito	54,2	27,2	18,6	5,5	70,4	6,8
C borda	59,6	25,1	15,3	2,9	81,0	9,7
D externa	52,4	29,7	17,9	0,6	96,6	17,6

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P8

Este ponto de monitoramento situa-se logo após o Acampamento Terreirão, em trecho com declividade acentuada e contextualização geomorfológica desfavorável, onde o traçado da trilha segue perpendicular às curvas de nível. No local são visíveis remanescentes de estrutura tipicamente rochosa, como a foliação, que indicam ser o solo do leito da trilha parte do horizonte C (Figura 5.9a). Na trilha existe uma grande quantidade de blocos de rocha, que tornam a progressão difícil para os visitantes e mulas.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradiação de solo – a maior perda de solo observada no local concentrou-se na parte esquerda do leito da trilha, chegando a 21mm, os outros pontos do leito e os pinos B e C indicaram perdas inferiores a 7mm (Figuras 5.9b e 5.9c). Este comportamento não configura uma perda intensa de solo, tendo como referência outros pontos da Trilha 1. Era esperado, que um local com declividade acentuada, contextualização geomorfológica desfavorável e solo pouco estruturado, como é comum no horizonte C, apresentasse perda de solo mais expressiva. Provavelmente, o fator estabilizador deste ponto é a presença de blocos de rocha que criam barreiras naturais de contenção, impedindo uma perda mais acentuada de solo.

- Análise de solos – as amostras externas apresentam predomínio da fração areia, enquanto a amostra do leito apresenta predomínio de silte, fração comumente predominante no horizonte C dos solos (tabela 5.17). Esta característica favorece um maior teor de argila dispersa em água e maior instabilidade na amostra do leito da trilha. O grau de floculação apresenta-se baixo em todas as amostras, com ênfase para as amostras externas à trilha, indicando que todo o local possui instabilidade da fração argila. O teor de carbono orgânico é muito baixo nas três amostras, indicando que não existe, quanto a este constituinte, uma alteração visível no leito na trilha. Este baixo teor provavelmente é a condição natural do local.

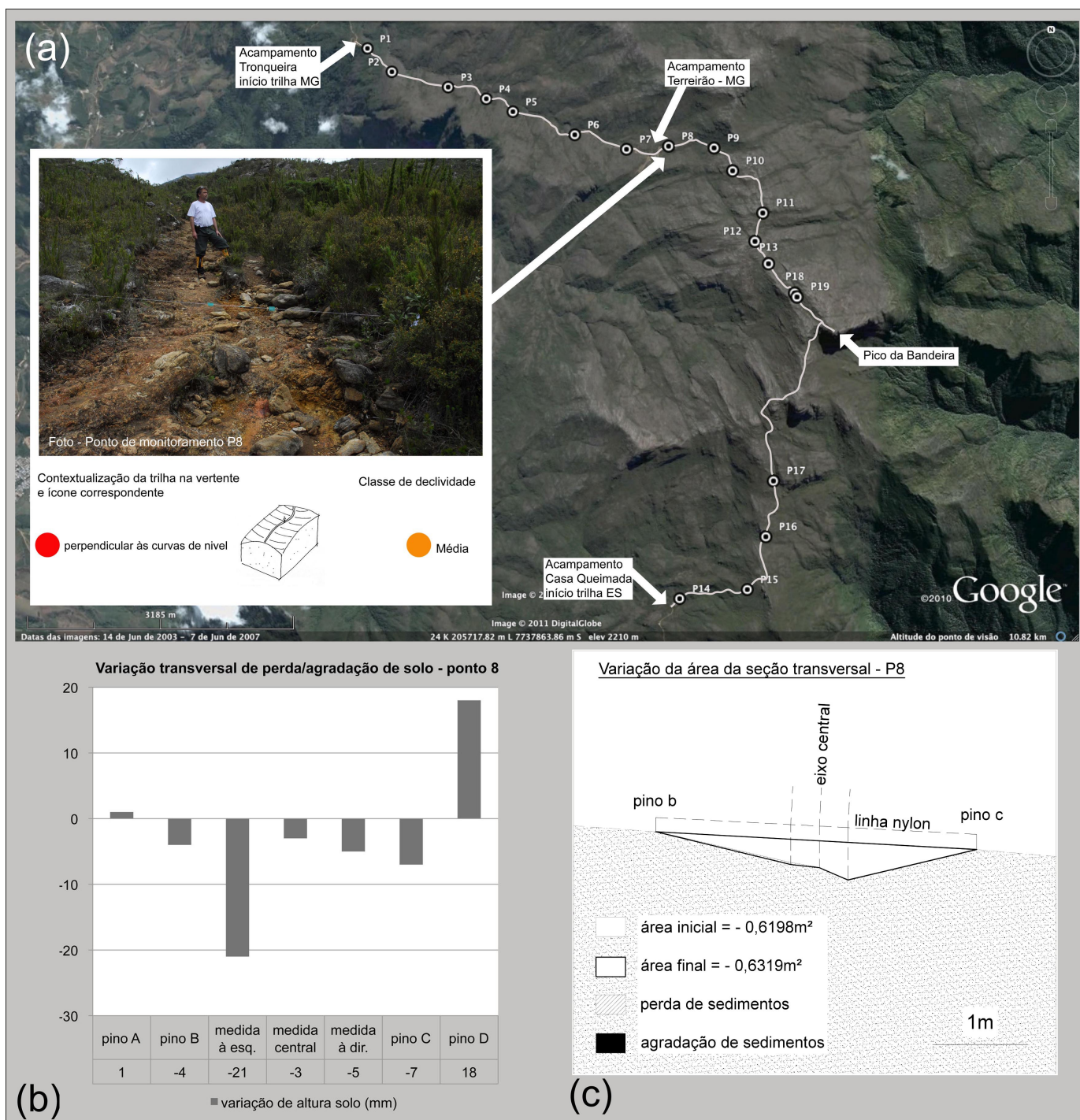


Figura 5.9 – Dados de análise ponto de monitoramento P8: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.17 – Análises de solo do ponto de monitoramento P8

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	51,7	34,0	14,3	6,4	55,2	9,7
leito	7,9	61,9	30,2	11,3	62,6	2,0
D externa	78,0	12,7	9,3	3,6	61,3	5,4

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P9

Este ponto de monitoramento, assim como o P8, apresenta no leito da trilha, solo com características do horizonte C, pois neste local também são visíveis vestígios de estruturas típicas de rochas, como a foliação. O trecho apresenta declividade intermediária e uma situação geomorfológica desfavorável, pois a trilha segue oblíqua às curvas de nível (Figura 5.10a). Comparando-se a situação do leito da trilha em relação ao ponto P8 observa-se que os blocos de rocha não estão uniformemente distribuídos, mas sim concentrados na lateral direita do leito. O eixo central da trilha, faixa prioritária de passagem de visitantes e mulas, encontra-se com solo exposto, sem a presença de blocos de rocha.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradiação de solo – o local de monitoramento apresentou a maior perda de solo da Trilha 1. Esta perda se concentrou na lateral direita do leito, chegando a 240mm, um valor extremamente alto em relação a todos os outros pontos (Figuras 5.10b e 5.10c). A causa possível para este fato é a junção de um trecho com declividade acentuada, posição desfavorável na vertente e a presença de um solo sem estrutura, como é comum no horizonte C dos solos. O comportamento logo à esquerda do leito indica pequena agradiação de sedimentos. Já na parte externa da trilha o solo se mostrou estável, como atestam as leituras dos pinos A, B, C e D, que não apresentam perdas acima de 16mm.

- Análise de solos – a amostra do leito apresenta predomínio da fração silte, situação comum em amostras de solo oriundas do horizonte C (tabela 5.18). Já as amostras externas apresentam predomínio da fração areia, mostrando que esta camada superior de solo, de textura mais arenosa, foi perdida na área do leito da trilha. O teor de argila dispersa em água é mais alto na amostra do leito, assim como o grau de floculação é mais baixo, mostrando um local com menor estabilidade de agregados. Em relação ao teor de carbono orgânico, observa-se que amostra do leito possui teor muito mais baixo do que o das amostras externas, indicando que o leito da trilha sofreu uma intensa remoção deste constituinte.

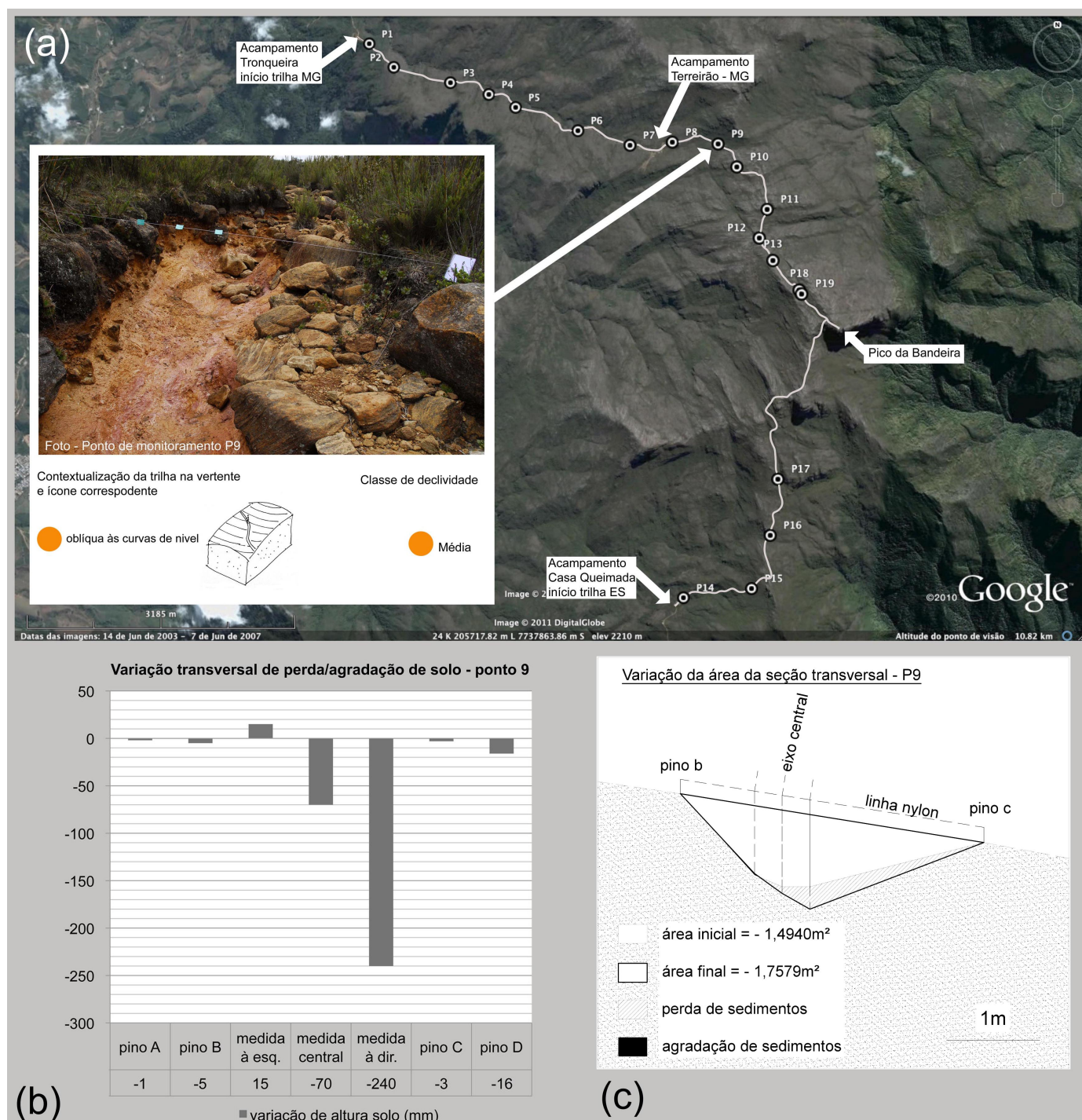


Figura 5.10 – Dados de análise ponto de monitoramento P9: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.18 – Análises de solo do ponto de monitoramento P9

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	44,3	35,6	20,1	2,9	85,6	26,5
leito	18,6	63,8	17,6	6,7	61,9	1,7
D externa	45,2	30,7	24,1	1,2	95,0	24,1

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P10

No local deste ponto de monitoramento a trilha apresenta um alargamento da faixa de alteração, com a formação de um leito principal e um secundário, de menor largura (Figura 5.11a). É visível, no leito principal, um solo de coloração escura, indicando maior presença de matéria orgânica. Neste trecho a declividade foi classificada como intermediária e a contextualização geomorfológica indica um posicionamento desfavorável, com a trilha seguindo oblíqua às curvas de nível da vertente. No local, durante os trabalhos de monitoramento, foi observado acúmulo de água.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradção de solo – o gráfico de perda/agradção do solo e o diagrama de variação da área da seção transversal mostram perda de solo concentrada no leito principal da trilha, chegando a 30mm (Figura 5.11b e 5.11c). Na área do pino A observou-se agradção de sedimentos, seguindo a ordem de grandeza da perda de solo máxima observada no leito da trilha. Uma explicação para este comportamento é que pode estar ocorrendo transporte de sedimentos da própria trilha para esta área, indicando que a faixa de alteração se estende para este lado externo. Nos pinos B, C e D observou-se um comportamento estável.

- Análise de solos – na amostra do leito da trilha observa-se equilíbrio granulométrico entre as frações areia e silte e maior teor de argila, enquanto nas amostras externas existe um claro predomínio de areia, com menor quantidade de argila (tabela 5.19). Isto possivelmente indica que o leito da trilha perdeu um solo de granulometria mais grossa, expondo um solo, de camada inferior, de granulometria mais fina. A amostra A externa, que mostrou agradção de sedimentos possui o maior teor de argila dispersa em água e menor grau de floculação, mostrando que este ponto, apesar de externo, apresenta maior instabilidade de agregados. A amostra do leito apresenta baixo teor de argila dispersa em água e alto grau de floculação, mostrando que o solo no leito da trilha possui maior estabilidade, devido provavelmente ao alto teor de carbono orgânico presente. Em relação à variação transversal do teor de carbono orgânico, observa-se o mais alto valor na amostra do leito da trilha. Este fato pode ser explicado pelo acúmulo de água no local. As amostras externas possuem alto teor de carbono orgânico, indicando que esta concentração se estende para as faixas externas à trilha.

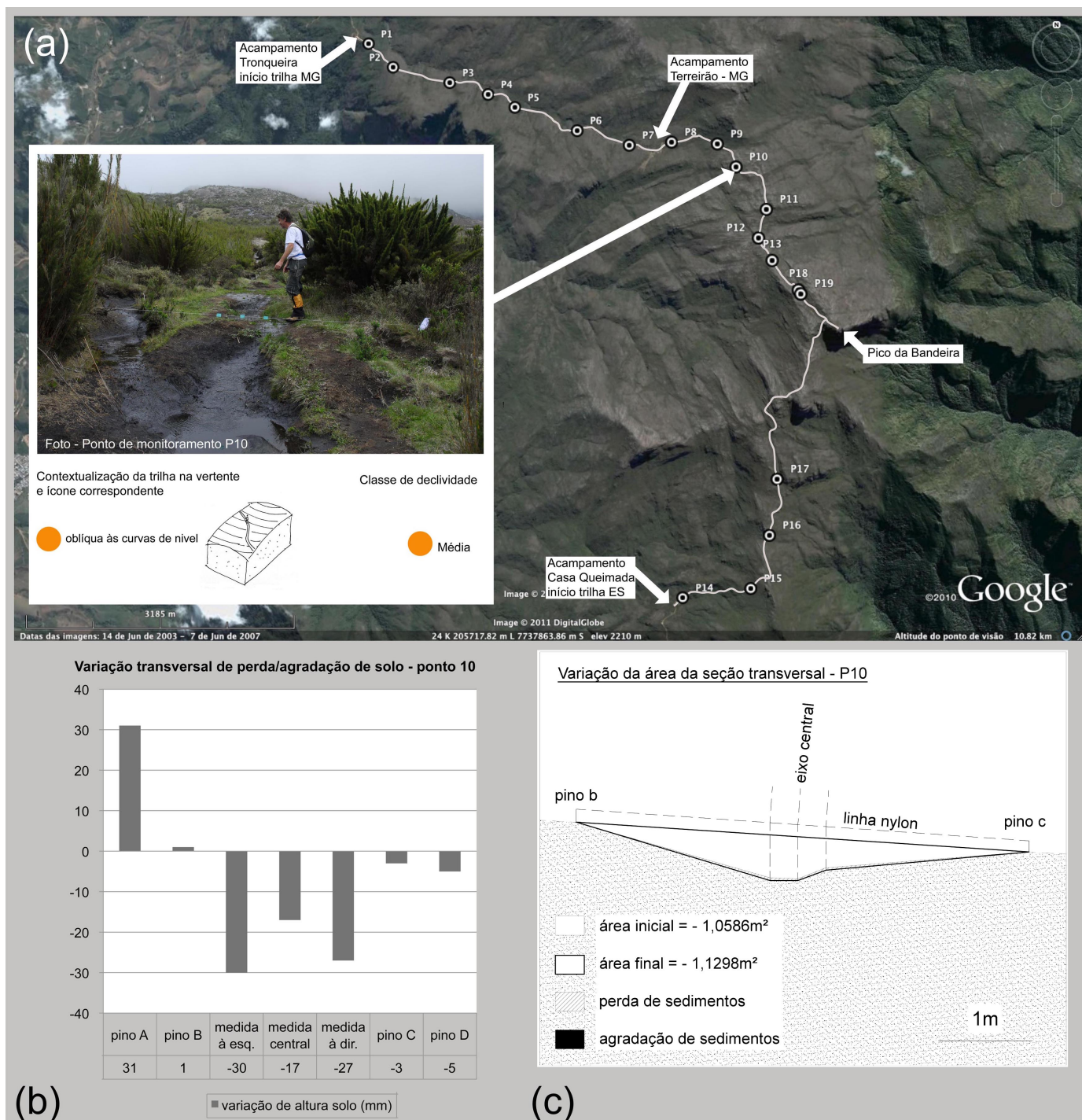


Figura 5.11 – Dados de análise ponto de monitoramento P10: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.19 – Análises de solo do ponto de monitoramento P10

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	65,4	19,8	14,8	2,7	81,8	14,5
leito	39,9	37,8	22,3	0,3	98,7	25,5
D externa	56,6	26,1	17,3	0,4	97,7	16,5

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P11

Este ponto situa-se em área de baixa declividade, onde é comum a acumulação de água e visível uma concentração de sedimentos de textura arenosa sobre o leito da trilha, principalmente na sua faixa lateral direita (Figura 5.12a). A contextualização geomorfológica da trilha no ponto de monitoramento facilita esta acumulação, pois o traçado segue paralelo às curvas de nível da vertente, dando origem um trecho com declividade paralela quase nula. Entre os pontos P10 e P11 existe uma pequena elevação, com declividade mais acentuada, direcionada para o P11, que possivelmente está fornecendo sedimentos arenosos para acumulação neste ponto.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradção de solo – observou-se agradção de sedimentos arenosos concentrada no leito da trilha, com maior intensidade na lateral direita, chegando a 34mm (Figura 5.12b e 5.12c). Esta proporção de agradção não é observada nas faixas externas, onde existe um comportamento estável nos pinos B e C, e pequena agradção, da ordem de 2mm, no pino A. Esta situação indica que a trilha está funcionando como canal de condução de sedimentos de textura arenosa, que se acumulam na área deste ponto de monitoramento.

- Análise de solos – as amostras 1 externa e do leito apresentam predomínio granulométrico da fração areia, já a amostra B externa apresenta predomínio de silte (tabela 5.20). Este fato indica que a acumulação de sedimentos arenosos está ocorrendo no leito da trilha, de forma mais intensa, mas também nas proximidades do pino A, de forma menos intensa. Isto mostra que a faixa de alteração da trilha se estende até o pino A, o que é facilitado pela declividade lateral no sentido desta área. As áreas mais alteradas, correspondendo às áreas das amostras A externa e do leito, apresentam os maiores teores de argila dispersa em água e os menores valores de grau de floculação, indicando maior instabilidade de agregados nestas áreas. Analisando-se o teor de carbono orgânico, observa-se que a amostra do leito indica grande perda deste constituinte, e maior alteração.

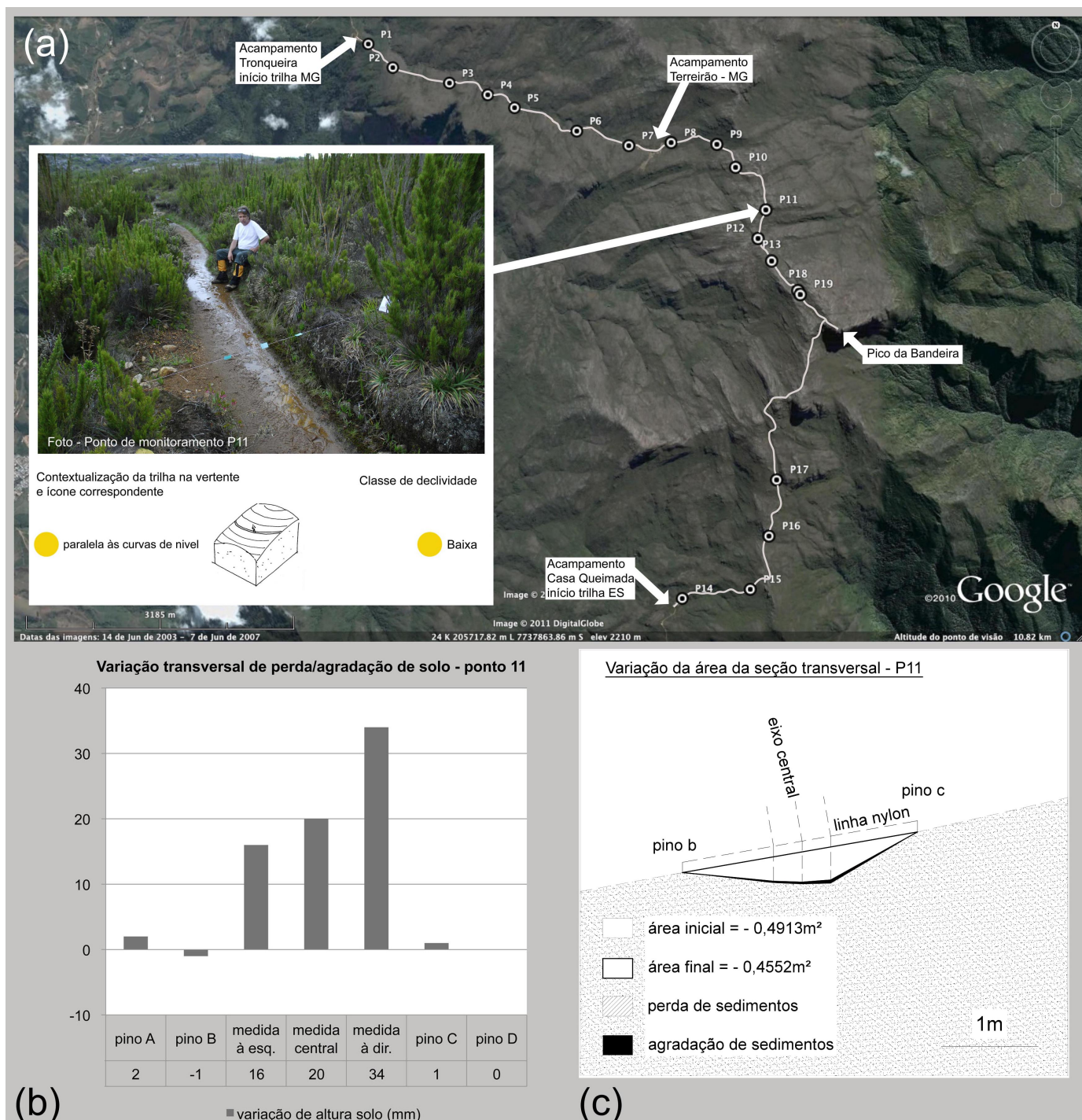


Figura 5.12 – Dados de análise ponto de monitoramento P11: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.20 – Análises de solo do ponto de monitoramento P11

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	57,8	26,2	16,0	3,8	76,3	11,7
leito	75,1	18,5	6,4	4,4	31,3	3,1
D externa	8,8	68,6	22,6	0,8	96,5	25,7

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P13

O ponto de monitoramento situa-se em trecho com declividade acentuada e situação geomorfológica desfavorável, que propicia maior transporte de sedimentos pela água superficial, com a trilha seguindo a linha de maior declividade da vertente (Figura 5.13a). No local são visíveis blocos de rocha nas laterais e no leito da trilha. O solo do leito mostra vestígios de estruturas de rocha, como foliação, indicando ser parte do horizonte C.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradção de solo – o gráfico de perda/agradção de solo mostra uma intensa perda, da ordem de 62mm, concentrada na parte direita do leito, na leitura do eixo da trilha e lateral direita observou-se perda menos intensa, chegando a 20mm (Figura 5.13b e 5.13c). Este comportamento diferencial pode estar sendo causado pela ação estabilizadora dos blocos de rocha no leito, que possivelmente estão atuando como contenções naturais. O comportamento das faixas externas é mais estável, com perda e agradção não ultrapassando 9mm.

- Análise de solos – as amostras do leito e A externa apresentam maior teor de silte, enquanto a amostra D externa apresenta predomínio da fração areia (tabela 5.21). Em decorrência desta diferenciação granulométrica e de efeitos de alteração no leito da trilha, as amostras A externa e do leito apresentam os maiores valores de teor de argila dispersa em água e os menores graus de floclação, indicando maior instabilidade nestes locais. A amostra do leito apresenta esta alteração em grau mais acentuado, indicando que o uso da trilha agravou acentuadamente a instabilidade. Em relação ao teor de carbono orgânico, a tendência descrita acima se confirma, pois a amostra do leito apresenta o mais baixo teor, seguida pela amostra A externa. A amostra D externa apresenta maior teor de carbono orgânico, indicando menor alteração neste local.

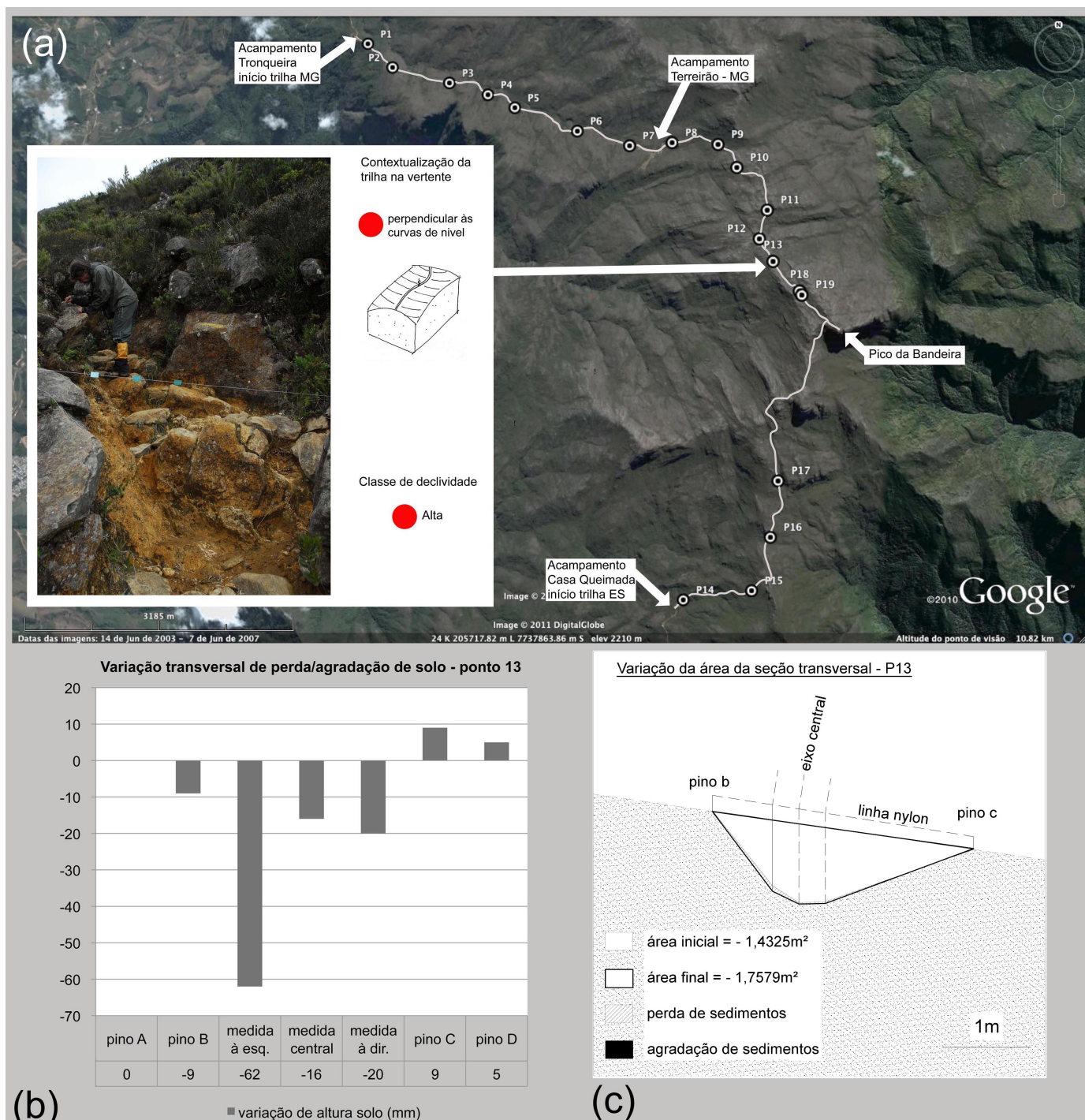


Figura 5.13 – Dados de análise ponto de monitoramento P13: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.21 – Análises de solo do ponto de monitoramento P13

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	33,0	39,4	27,6	6,5	76,4	15,9
leito	41,9	40,6	17,5	13,9	20,6	4,2
D externa	51,3	22,5	26,2	0,7	97,3	22,8

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P18

Este ponto de monitoramento situa-se já no trecho final da Trilha 1, onde a trilha apresenta-se com alta declividade e contextualização mais desfavorável em relação à vertente, com seu traçado seguindo perpendicular às curvas de nível (Figura 5.14). É visível o aprofundamento existente no leito, indicando que já houve no local extensa perda de solo. Neste ponto não foram realizadas medições conclusivas de variação da seção transversal e de perda/agradiação de solo, pois ele foi instalado posteriormente, em setembro de 2010

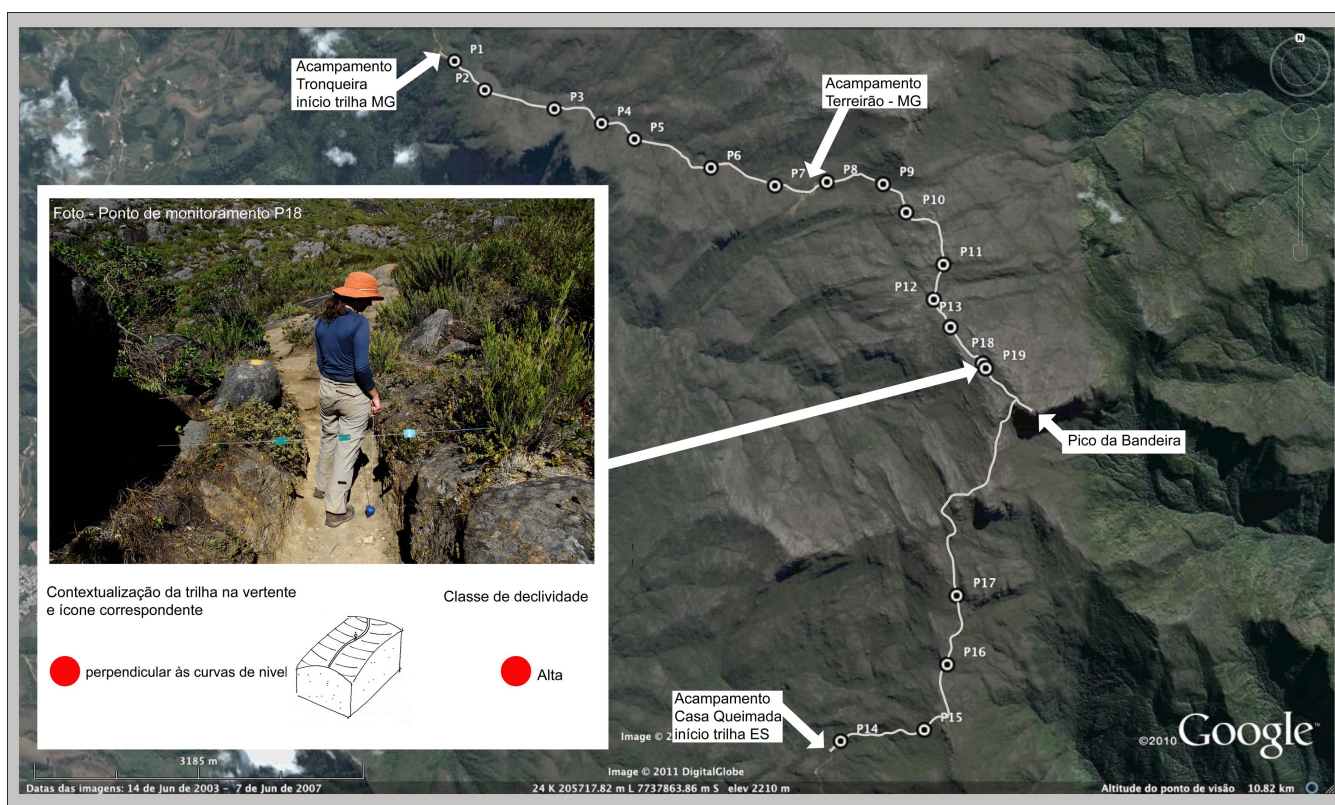


Figura 5.14 – Dados de análise ponto de monitoramento P18: Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.

- Análise de solos – a amostra do leito apresenta predomínio granulométrico da fração silte, indicando que o solo do leito já é resultante da exposição de camadas mais profundas (tabela 5.22). O teor de argila dispersa em água é maior no leito, assim como é menor o grau de floculação, confirmando que o local sofreu maior alteração e se apresenta instável. A análise do teor de carbono orgânico confirma esta alteração mais intensa no leito, pois a amostra deste local possui o menor teor. As amostras da borda possuem alto teor de CO, enquanto as amostras

externas possuem teor muito alto. Isto indica que a faixa de alteração da trilha se estende até as bordas, interferindo no teor de carbono orgânico destes locais. Somente as amostras externas apresentam mais alto teor de CO, indicando uma condição de menor alteração.

Tabela 5.22 – Análises de solo do ponto de monitoramento P18

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	42,1	29,8	28,1	2,5	91,1	25,6
B borda	40,3	33,0	26,7	1,6	94,0	23,9
leito	41,9	47,3	10,8	8,7	19,4	0,9
C borda	54,4	28,9	16,7	0,2	98,8	16,1
D externa	44,4	31,3	24,3	0,6	97,5	27,3

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Trilha 2 – Acesso ao Pico da Bandeira pelo lado do Espírito Santo

Ponto de monitoramento P14

O ponto de monitoramento situa-se no início da trilha, próximo ao Acampamento Casa Queimada. O trecho foi classificado com declividade intermediária, a contextualização geomorfológica em relação à vertente coincide com a posição mais desfavorável, com a trilha seguindo a linha de maior declividade da vertente (Figura 5.15a).

- Área da seção transversal e análise de perda/agradação de solo – Analisando-se o diagrama da variação da área da seção transversal pode-se concluir que a perda de solo, em relação ao perfil original, é menor do que o que foi observado na Trilha 1 (Figura 5.15b e 5.15c). Esta perda foi concentrada na parte direita do leito e sua faixa lateral, não ultrapassando 25mm. Este comportamento indica que pode estar ocorrendo um deslocamento do eixo central do leito para a direita, no sentido pino C.

- Análise de solos – analisando-se as três amostras, observa-se que a proporção granulométrica da fração areia aumenta no sentido da amostra A externa para a 2 externa (tabela 5.23). Isto pode indicar, como o local tem solo superficial de textura mais arenosa, que houve uma alteração passada, maior, na parte esquerda da seção transversal. Somando-se esta observação com a maior perda de solo observada na faixa direita, pode-se supor que o leito da trilha está se deslocando progressivamente para a direita, com o passar do tempo. Observando-se as outras análises, esta hipótese se confirma, pois o teor de argila dispersa em água é maior na amostra A externa (pino A), assim como o grau de floculação é menor neste local. Em relação à variação transversal do teor de carbono orgânico, observa-se uniformidade nos valores, indicando que este ponto encontra-se em estágio de menor alteração, em relação ao que foi observado na maioria dos pontos de monitoramento da Trilha 1.

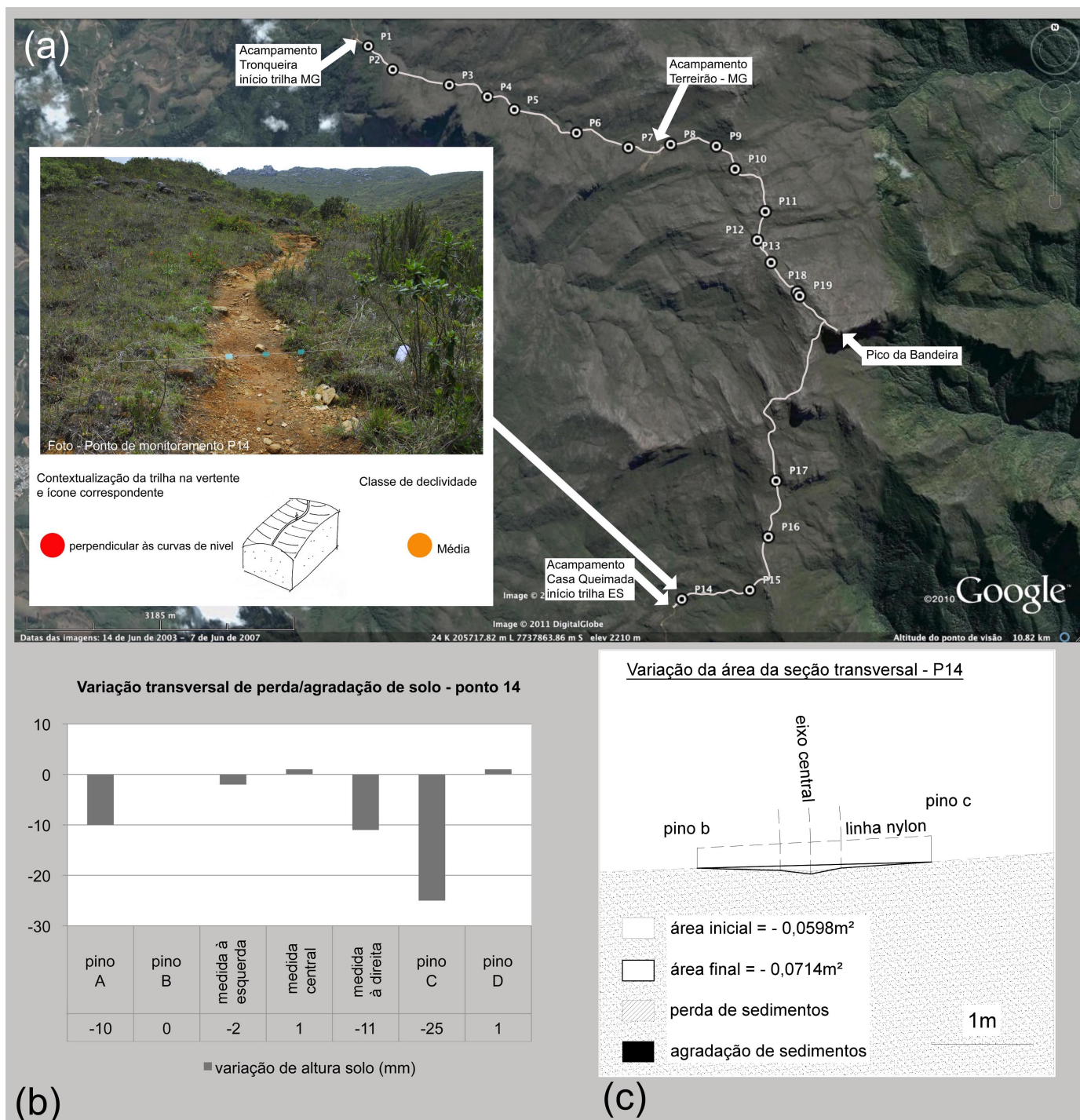


Figura 5.15– Dados de análise ponto de monitoramento P14: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradação de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.23 – Análises de solo do ponto de monitoramento P14

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	33,8	36,5	29,7	20,3	31,6	4,0
leito	40,4	40,3	19,3	2,7	86,0	2,7
D externa	60,7	23,4	15,9	5,6	64,8	6,9

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P15

Este ponto localiza-se em área com declividade classificada como intermediária, e trilha perpendicular em relação às curvas de nível da vertente, conformando uma situação geomorfológica favorável ao desenvolvimento de processos erosivos acentuados (Figura 5.16a). Neste local ainda são visíveis, nas laterais do leito, partes do solo correspondendo ao horizonte A, com presença de sistema radicular superficial e coloração escura, indicando alto teor de carbono orgânico.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradção de solo – o ponto apresentou perda de solo crescente no sentido do pino B para o pino D, concentrada na faixa externa direita (Figuras 5.16b e 5.16c). A maior perda foi observada na área do pino D, atingindo 39mm, que supostamente estaria fora da faixa de alteração direta do leito. Este comportamento indica que pode estar ocorrendo um deslocamento do eixo central do leito para a direita, no sentido pino D. Na faixa externa esquerda, foi observada pequena agradção de sedimentos, menor que 10mm, nas áreas dos pinos A e B. As áreas da seção transversal indicam que a alteração de solo neste local é bem menor do que as observadas na Trilha 1.

- Análise de solos – não foram observadas variações granulométricas expressivas entre as três amostras, que apresentam textura predominantemente arenosa (tabela 5.24). Observa-se que o teor de argila dispersa em água é crescente no sentido amostra A externa (pino A) para a amostra D externa (pino D), assim como os valores de grau de floculação são decrescentes neste sentido. Isto indica que a faixa externa direita apresenta maior alteração e instabilidade de agregados e confirma um deslocamento da faixa de alteração do leito para a lateral direita da trilha. Já o comportamento do teor de carbono orgânico indica que a amostra do leito possui cerca relativamente teor mais baixo do que as amostras externas. Pode-se concluir, a partir disso, que a alteração da faixa externa direita ainda não teve reflexo no teor de carbono orgânico, permanecendo o leito da trilha como local visivelmente mais alterado.

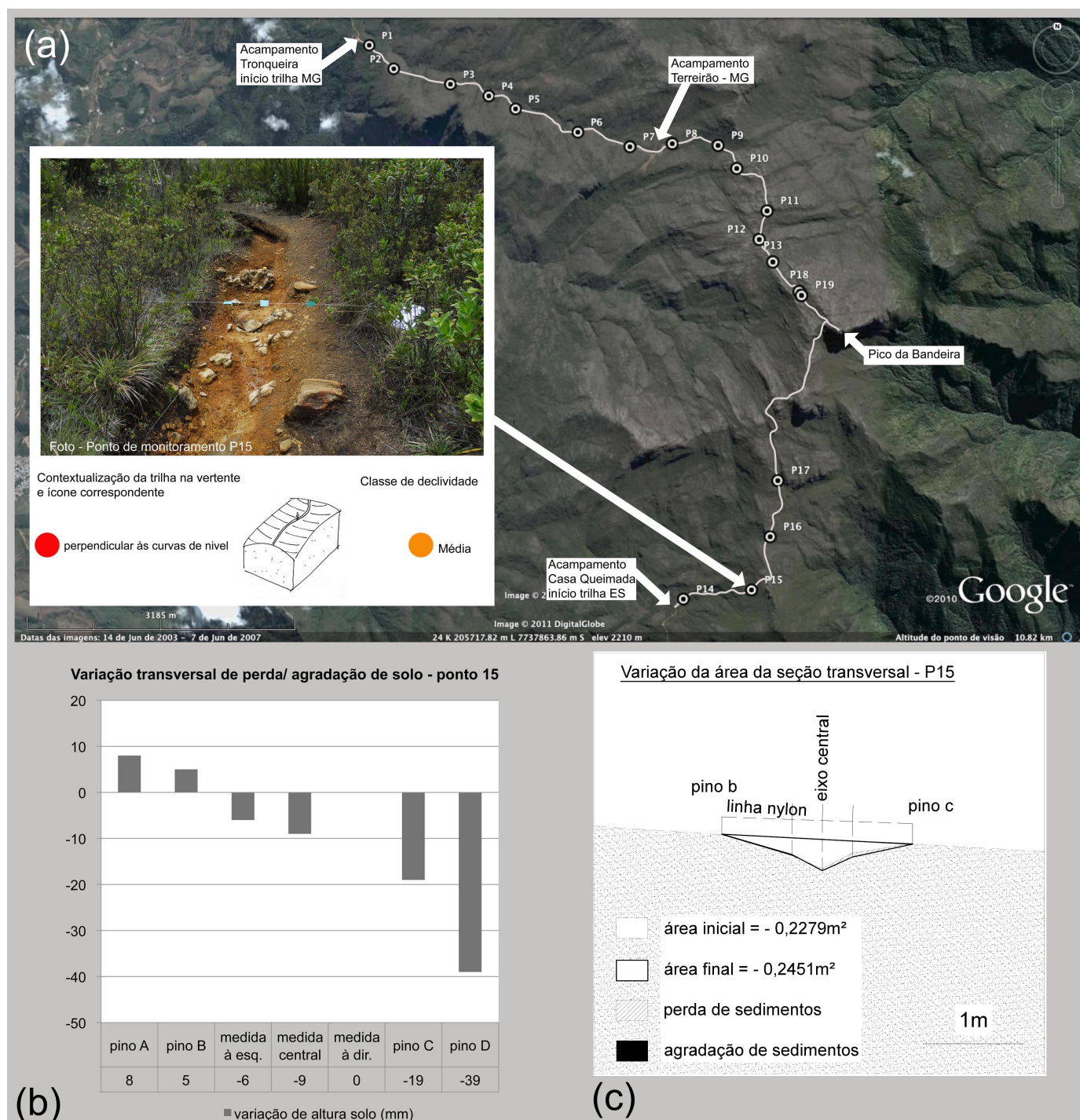


Figura 5.16 – Dados de análise ponto de monitoramento P15: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradção de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.24 – Análises de solo do ponto de monitoramento P15

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	48,7	26,3	25,0	1,3	94,8	20,0
leito	45,1	29,1	25,8	2,5	90,3	6,7
D externa	44,9	33,2	21,9	4,0	81,7	13,4

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P16

O ponto de monitoramento teve seus pinos destruídos por vandalismo durante o período de medição, o que impossibilitou medidas conclusivas de variação da área da seção transversal e perda/agradação de solo. Situa-se em trecho com alta declividade e traçado da trilha perpendicular em relação às curvas de nível da vertente, conformando uma situação geomorfológicamente desfavorável à conservação do solo (Figura 5.17). No leito são visíveis alguns blocos de rocha e o aspecto geral do solo, de coloração mais escura, indica maior presença de carbono orgânico no leito da trilha.

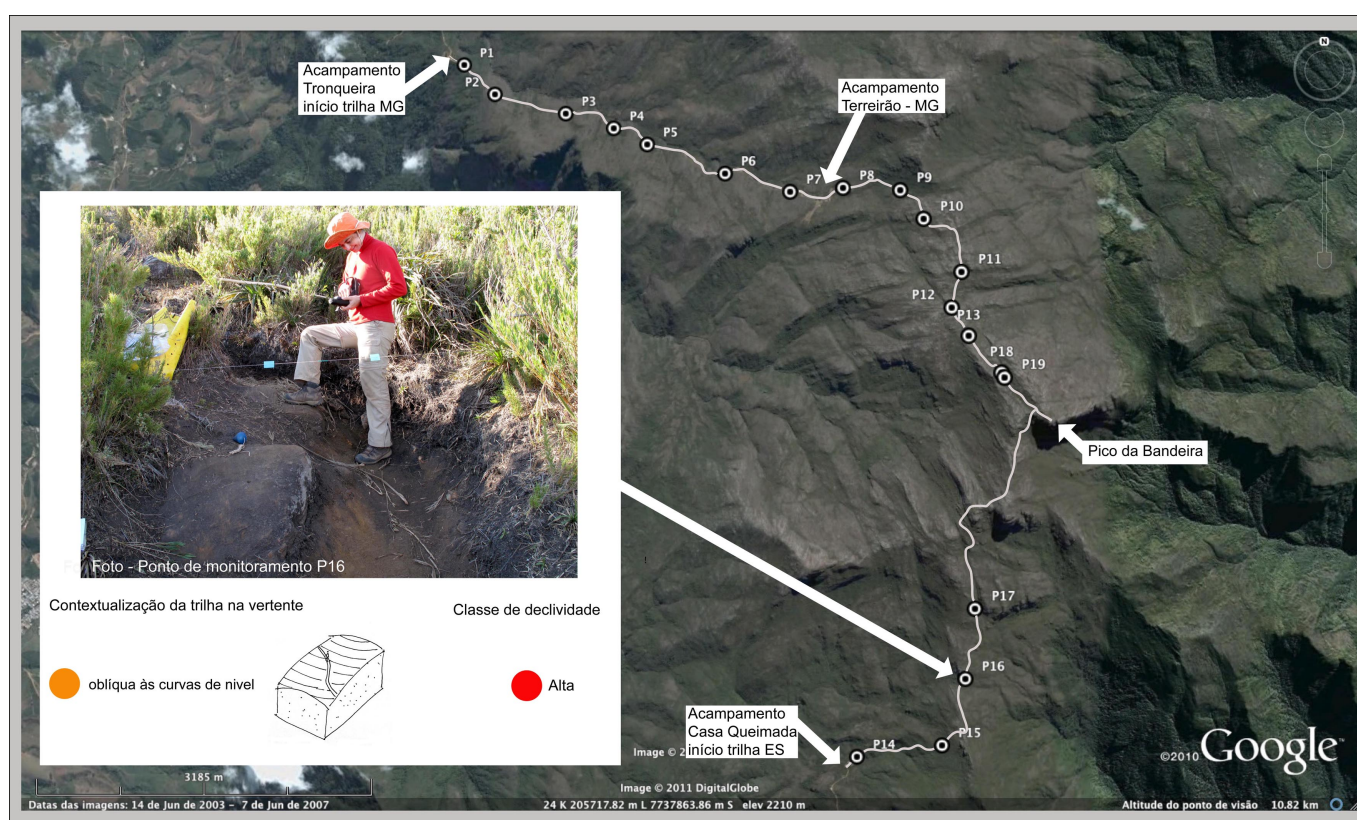


Figura 5.17 – Dados de análise ponto de monitoramento P16: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.

- Análise de solos – não observou-se diferença expressiva de granulometria entre as três amostras coletadas, mas as amostras do leito e D externa apresentam maior proporção da fração areia (tabela 5.25). O teor de argila dispersa em água é maior na amostra A externa (pino A) e na amostra do leito, assim como o grau de floculação é menor nestes mesmos pontos. O menor grau de floculação corresponde à amostra do leito, indicando maior instabilidade nesta área. Não

existe variação transversal entre os teores de carbono orgânico das amostras, indicando que a remoção de matéria orgânica no leito da trilha não foi intensa, como a observada na maioria dos pontos de monitoramento da Trilha 1.

Tabela 5.25 – Análises de solo do ponto de monitoramento P16

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	36,4	35,5	28,1	4,4	84,3	30,9
leito	43,0	36,1	20,9	4,6	78,0	16,0
D externa	45,9	32,0	22,1	0,4	98,2	36,3

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Ponto de monitoramento P17

O ponto de monitoramento situa-se em trecho com declividade intermediária (Figura 5.18a). Neste ponto a trilha assume posicionamento desfavorável em relação à vertente, com traçado perpendicular em relação às curvas de nível. É visível no leito um solo escuro, indicando alto teor de matéria orgânica remanescente. À esquerda do leito, na faixa externa, observam-se vestígios de um leito abandonado de trilha, nas proximidades do pino A.

- Área da seção transversal e análise de perda/agradiação de solo – o ponto apresentou perda de solo, concentrada na parte direita do leito e sua faixa externa (Figura 5.18b e 5.18c). A maior perda foi observada na área do pino C, chegando a 40mm, que supostamente estaria fora da faixa de alteração direta do leito da trilha. Isto indica que pode estar ocorrendo um deslocamento do eixo central do leito para a direita, no sentido pino D. No eixo central da trilha, sua lateral esquerda e faixa externa esquerda foi observado um comportamento estável do solo. Os valores numéricos das áreas da seção transversal, menores do que a maioria das áreas encontradas nos pontos da Trilha 1, indicam que a alteração do perfil de solo neste local é menor.

- Análise de solos – não observa-se diferenciação expressiva de granulometria entre as amostras, apenas um ligeiro aumento na proporção da fração areia na amostra do leito, em relação às amostras externas (tabela 5.26). Todas as amostras indicam predomínio da fração areia. O teor de argila dispersa em água da amostra A externa, coletada nas proximidades do pino A, é mais alto, assim como o grau de floculação neste ponto é menor, indicando alteração nesta área. Esta alteração certamente foi ocasionada pela presença do leito de trilha

abandonado, neste local.. O teor de carbono orgânico é mais baixo na amostra do leito, indicando que a alteração acumulada neste local é maior do que nas faixas externas. Entretanto, como nos outros pontos de monitoramento da Trilha 2, a perda de carbono orgânico no leito é menos acentuada, em comparação com a situação avançada de perda deste constituinte, encontrada na maioria dos pontos de monitoramento na Trilha 1.

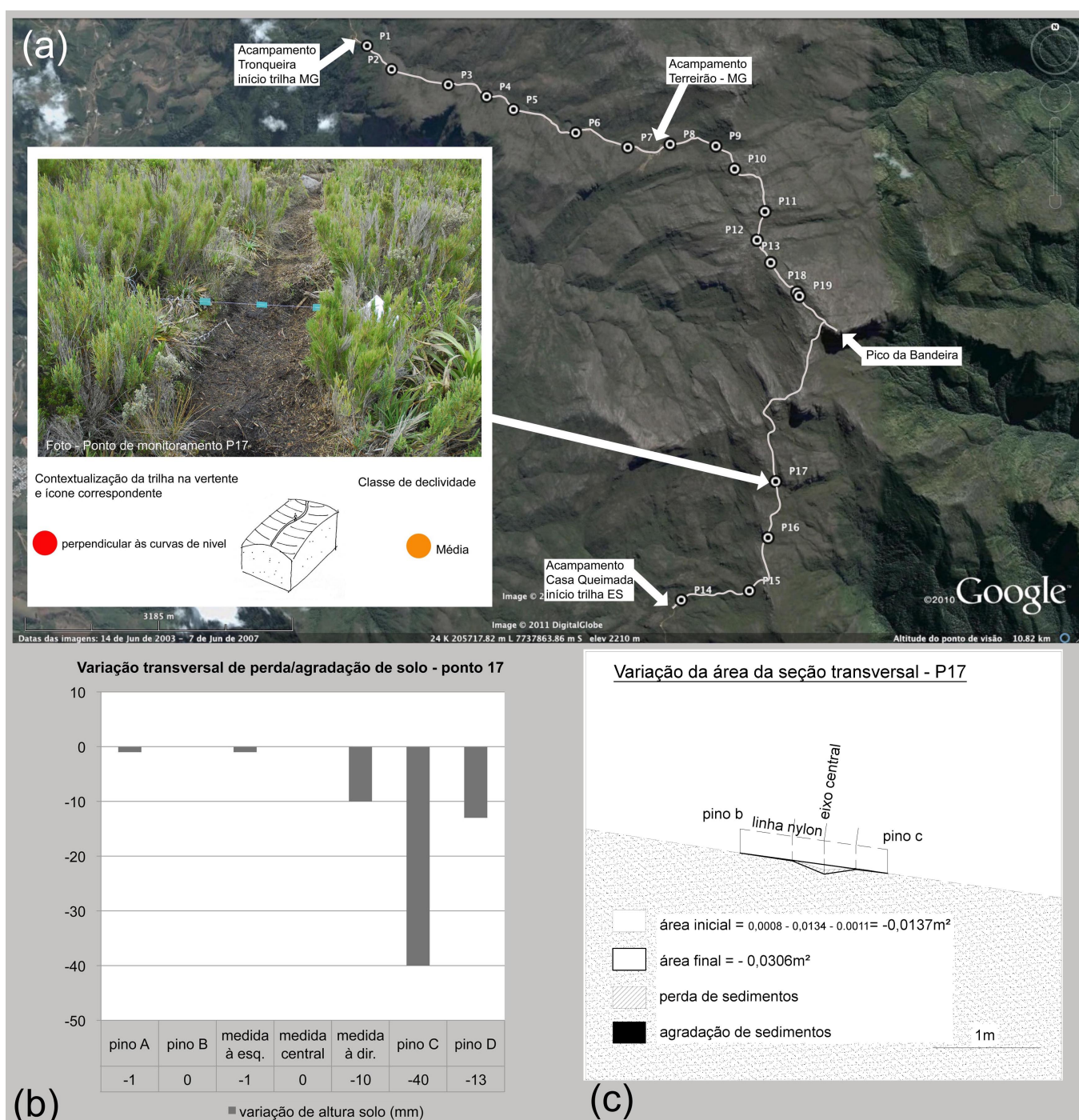


Figura 5.18 – Dados de análise ponto de monitoramento P17: (a) Informações de localização na trilha, foto, diagrama de contextualização na vertente e diagrama de classe de declividade. Fonte imagem: Google Earth®, acesso em 10/08/2009.; (b) Gráfico e dados numéricos finais da variação transversal de perda/agradção de solo; (c) Diagrama da variação da área da seção transversal e dados numéricos de área.

Tabela 5.26 – Análises de solo do ponto de monitoramento P17

Amostra de solo	% de areia	% de silte	% de argila	ADA	GF	%MO
A externa	46,6	29,6	23,8	3,8	84,0	27,4
leito	56,6	25,2	18,2	0,6	96,7	16,1
D externa	53,2	28,6	18,2	0,8	95,6	24,6

ADA - teor de argila dispersa em água, GF – grau de floculação, MO – matéria orgânica

Síntese e discussão dos resultados dos indicadores ambientais: área da seção transversal e análise de solos

Variação de área da seção transversal

Foram obtidos os valores iniciais e finais de área da seção transversal obtidos para as Trilhas 1 e 2 (Figura 5.19). Quanto maior a área, em valores negativos, maior a alteração do ponto de monitoramento por perda de solo, pois, segundo Cole (1983), a área da seção abaixo do perfil original da vertente é proporcional à perda de solo. Os valores positivos de área expressam agredação de sedimentos, em relação ao perfil original da vertente, o que constitui também um problema, isto foi observado no ponto P3, na Trilha 1. Nota-se que a maioria das áreas da seções na Trilha 1, representada pelos pontos P1 a P13, indicam perda de solo, chegando a ultrapassar, no P2, a marca de 2 metros quadrados. A única exceção é o ponto P3, onde foi observada intervenção com adição de sedimentos. Na Trilha 2, representada pelos pontos P14, P15 e P17, todas as áreas indicam perda de solo, mas em intensidade bem menor do que na Trilha 1, pois as áreas não ultrapassam a marca de 0,25 metro quadrado. Estes dados são suficientes para demonstrar uma grande diferença de alteração devido a processos erosivos, entre a Trilha 1 e 2.

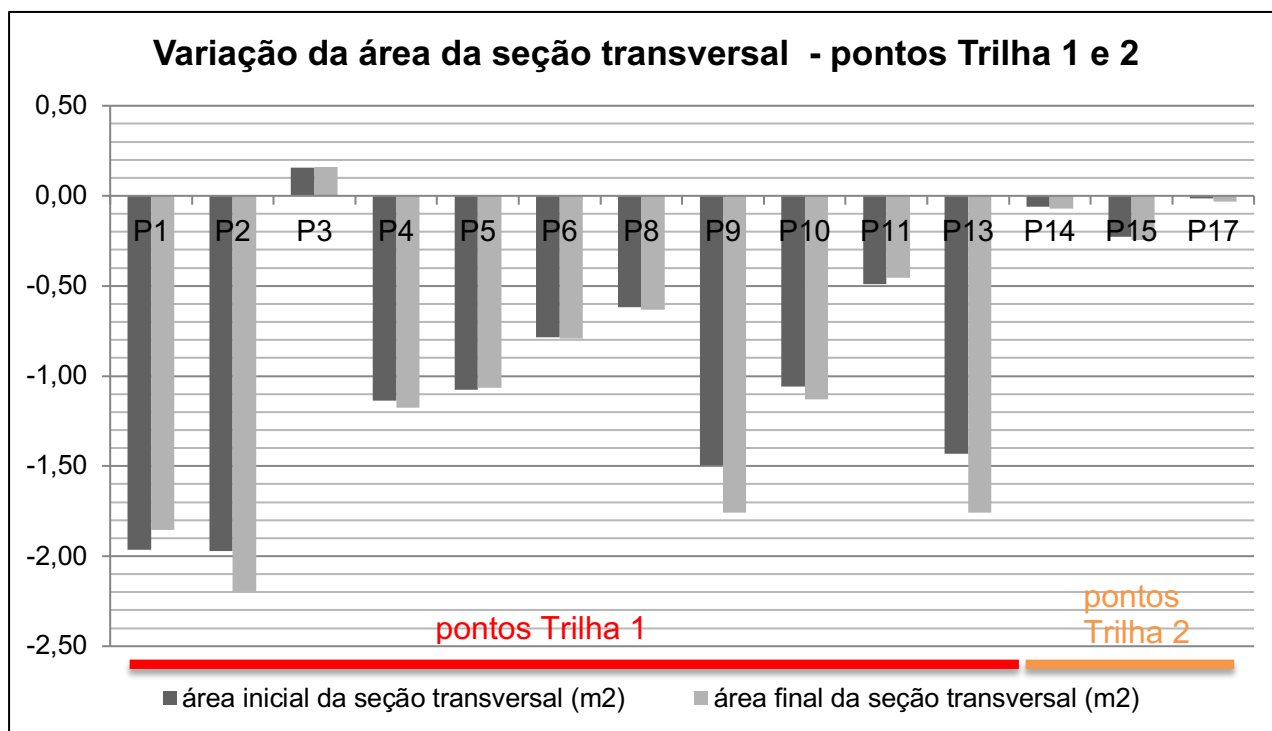


Figura 5.19 – Gráfico de variação de área de seção transversal inicial e final, Trilhas 1 e 2.

Analisando-se os resultados expostos, pode-se definir duas abordagens distintas em relação à área da seção transversal. Primeiramente, numa abordagem absoluta, nota-se que esta área varia entre os pontos de uma mesma trilha. Esta abordagem originou uma classificação entre os pontos de monitoramento das Trilhas 1 e 2, que podem ser agrupados em três classes distintas, considerando a área final da seção transversal como medida referencial. Desta forma, podemos agrupar os pontos de monitoramento em três classes distintas:

- Classe 1 – amarelo – pontos com menores valores absolutos de área da seção transversal, valor $\geq 0,03 \text{ m}^2$ e $\leq 0,75 \text{ m}^2$.
- Classe 2 – laranja – pontos com valores absolutos intermediários de área da seção transversal, valor $> 0,75 \text{ m}^2$ e $\leq 1,48 \text{ m}^2$.
- Classe 3 – vermelho – pontos com maior valor absoluto de área da seção transversal, valor $> 1,48 \text{ m}^2$.

Nota-se, que todos os pontos da Trilha 2 enquadram-se na Classe 1, de menor alteração, com valores absolutos mais baixos do que os da Trilha 1, indicando que esta trilha, como um todo, possui nível de alteração mais baixo. Já

na Trilha 1 a maioria dos pontos assume nível intermediário ou maior de alteração, sendo que os pontos P1, P2 e P9 possuem os níveis mais altos, Classe 3. Somente os pontos P3, P8 e P11 possuem níveis mais baixos de alteração. Destes, somente o P3 possui uma área de seção transversal com valor absoluto próximo ao encontrado na Trilha 2 (Tabela 5.27).

Em uma abordagem relativa da variação da área da seção transversal tem-se que a variação entre inicial e final indica a alteração sofrida pelo ponto no período de monitoramento. Nesta abordagem podemos agrupar os pontos em três classes distintas:

- Classe 1 – amarelo – pontos menor variação relativa de área da seção transversal, valor $\geq 0,0059 \text{ m}^2$ e $\leq 0,1124 \text{ m}^2$.
- Classe 2 – laranja – pontos com valores absolutos intermediários de área da seção transversal, valor $> 0,1124 \text{ m}^2$ e $\leq 0,2190 \text{ m}^2$.
- Classe 3 – vermelho – pontos com maior valor absoluto de área da seção transversal, valor $> 0,2191 \text{ m}^2$.

Nota-se que, novamente, a Trilha 1 possui pontos com maior alteração, os pontos P3, P9 e P13, indicando a existência de processos erosivos mais intensos do que na Trilha 2 (Tabela 5.28).

Tabela 5.27 – Classes de variação absoluta da área da seção transversais, considerando valores finais, Trilhas 1 e 2.

Ponto de Monitoramento	Área final da seção transversal (m^2)	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (laranja)	Classe 3 (vermelho)
Trilha 1				
P1	-1,8533			X
P2	-2,1938			X
P3	0,1613	X		
P4	-1,1748		X	
P5	-1,0661		X	
P6	-0,7919		X	
P8	-0,6319	X		
P9	-1,7579			X
P10	-1,1298		X	
P11	-0,4552	X		
P13	-1,7579			X
P18	-1,9353		X	
Trilha 2				
P14	-0,0714	X		
P15	-0,2451	X		
P17	-0,0306	X		

Obs: não foi realizado cálculo de área de seção transversal no ponto de monitoramento P7, perdido devido a ações de vandalismo, e nos pontos P12 e P19, que estão sobre afloramento rochoso. Valores negativos indicam que a área da seção transversal aumentou, através de perda de solo; valores positivos indicam que a área diminuiu, através de agradação de solo.

Tabela 5.28 – Classes de variação relativa da área da seção transversal entre valores iniciais e finais, Trilhas 1 e 2.

Ponto de Monitoramento	Variação entre a área de seção transversal inicial e final (m ²)*	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (laranja)	Classe 3 (vermelho)
Trilha 1				
P1	0,0291	X		
P2	-0,2231			X
P3	0,0055	X		
P4	-0,0376	X		
P5	0,0096	X		
P6	-0,0059	X		
P8	-0,0121	X		
P9	-0,2639			X
P10	-0,0712	X		
P11	0,0361	X		
P13	-0,3254			X
Trilha 2				
P14	-0,0116	X		
P15	-0,0172	X		
P17	-0,0169	X		

Obs: não foi realizado cálculo de área de seção transversal no ponto de monitoramento P7, perdido devido a ações de vandalismo, e nos pontos P12 e P19, que estão sobre afloramento rochoso. Valores negativos indicam que a área da seção transversal aumentou, através de perda de solo; valores positivos indicam que a área diminuiu, através de agradação de solo.

Observa-se, considerando os dados de variação absoluta das áreas de seção transversal, que este indicador mostra um comportamento visivelmente mais alterado na Trilha 1, pois a maioria dos pontos de monitoramento se enquadra nas Classes 2, laranja, e Classe 3, vermelho. Na Trilha 2 todos os pontos de monitoramento se enquadram na Classe 1, amarela, de menor alteração. Já os dados de variação relativa das áreas de seção transversal, indicam somente três pontos de monitoramento da Trilha 1 como enquadrados na Classe 3, de maior alteração. Os outros pontos da Trilha 1, segundo este indicador, enquadram-se na Classe 1, de menor alteração, assim como todos os pontos da Trilha 2.

Pode-se concluir que o indicador “variação absoluta das áreas de seção transversal” reflete uma condição histórica e acumulativa, pois registra, com grande sensibilidade, toda a área acumulada de perda de solo, desde o início da utilização da trilha. Já o indicador “variação relativa das áreas de seção

transversal” reflete o comportamento das áreas numa escala de tempo correspondente ao período de medição. Este último indica somente os pontos onde a perda ou agradação de solos é mais intensa, possuindo, portanto, menor sensibilidade. Deve-se ressaltar que ambos os indicadores foram efetivos em identificar, como pontos de monitoramento em situação mais crítica, os pontos P2, P9 e P13, da Trilha 1.

Variação de granulometria

Nos resultados expostos e discutidos foi observado que a variação transversal de granulometria é um indicador ambiental que pode ser diretamente relacionado à dinâmica erosional dos pontos de monitoramento. Porém, este parâmetro não permite a comparação entre os pontos de monitoramento, mas somente uma análise transversal restrita a um local. Em alguns pontos é possível relacionar claramente, por exemplo, um aumento relativo de sedimentos arenosos à uma faixa de agradação, como foi apresentado no ponto de monitoramento P11. Em outros pontos, é possível relacionar um menor percentual de argila nas amostras do leito, devido à perda desta fração em processos erosivos. Isto acontece claramente nos pontos de monitoramento P3, P4, P5 e P9, por exemplo.

Por outro lado, a classificação granulométrica isolada, de amostras do leito, é de importância consensual segundo Magro (1999), Lechner (2006) e outros autores, fornecendo informações sobre uma menor ou maior propensão do local à alteração por processos erosivos. Este indicador, segundo a literatura, permite uma efetiva comparação entre diferentes pontos de monitoramento. Segundo Buckman & Brady (1968), as frações granulométricas grossas, como a areia, possuem textura aberta, boa drenagem e apresentam-se de forma solta e friável. Já as partículas mais finas, de argila, possuem boa plasticidade, coesão e retenção de água. As propriedades físicas da fração silte estão em posição intermediária entre a areia e argila. Para o diagnóstico de problemas e determinação de ações de manejo em trilhas, este conceito de comportamento físico diferencial das frações do solo é fundamental.

Dentro do conjunto de amostras de leito, analisado e classificado com o Diagrama de análise de classes texturais, foi possível classificar amostras das seguintes texturas: franco arenoso, franco, franco siltoso e franco silto arenoso.

Seguindo o critério exposto segundo Buckman & Brady (1968) pode-se agrupar as texturas encontradas nas amostras em três classes:

- Classe 1 – amarelo – menor propensão a erosão, amostras com textura franco argilo siltoso.
- Classe 2 – laranja – propensão intermediária à erosão, amostras com textura franco e franco siltoso.
- Classe 3 – vermelho – maior propensão à erosão, amostras com textura franco arenoso.

A tabela 5.29 mostra as classes texturais correspondentes aos pontos de monitoramento das Trilhas 1 e 2, bem como a suas classes relativas de propensão à erosão. Observa-se que a maioria dos pontos, das Trilhas 1 e 2, enquadram-se nas Classes 2 e 3, de propensão intermediária e mais alta à erosão. Isto indica claramente que todo o conjunto de trilhas de acesso ao Pico da Bandeira possui uma constituição granulométrica, de solo do leito, com potencial elevado de ocorrência de processos erosivos. Na Trilha 1 este potencial é mais acentuado, pela presença de 4 pontos de monitoramento enquadrados na Classe 3, de maior propensão à erosão. No entanto, dos pontos apontados como mais críticos por este indicador, os pontos P2, P3, P6 e P11, da Trilha 1, e o ponto P17, na Trilha 2, somente o P2 apresentou perda acentuada de solo. Portanto, conclui-se que este indicador é efetivo para apontar uma constituição granulométrica, potencialmente crítica e favorável ao desenvolvimento de processos erosivos. Mas a combinação de outros fatores, como uma menor declividade e uma posição favorável da trilha em relação à vertente podem evitar uma perda acentuada de solo. Esta ocorrência é visível no ponto P3 e P11, por exemplo.

Tabela 5.29 – Classificação textural das amostras do leito da trilha e classes de propensão à erosão em função da textura, Trilhas 1 e 2.

Ponto de Monitoramento	Classificação textural do solo da amostra do leito	Classe 1 – menor propensão à erosão (amarelo)	Classe 2 – propensão intermediária à erosão (laranja)	Classe 3 – maior propensão à erosão (vermelho)
Trilha 1				
P1	franco		X	
P2	franco arenoso			X
P3	franco arenoso			X
P4	franco siltoso		X	
P5	franco siltoso		X	
P6	franco arenoso			X
P8	franco argilo siltoso	X		
P9	franco siltoso		X	
P10	franco		X	
P11	franco arenoso			X
P13	franco		X	
P18	franco		X	
Trilha 2				
P14	franco		X	
P15	franco		X	
P16	franco		X	
P17	franco arenoso			X

Obs: não foi realizada coleta de solos no ponto de monitoramento P7, perdido devido a ações de vandalismo, e nos pontos P12 e P19, que estão sobre afloramento rochoso.

Variação do grau de floculação

Com os resultados obtidos foi possível observar que as amostras do leito da trilha e de outros locais mais alterados apresentam, em geral, menor grau de floculação. Esta análise se mostrou efetiva, se realizada entre as amostras de um mesmo ponto de monitoramento, indicando o local mais alterado dentro da seção transversal. Para analisar como este indicador reflete a alteração no leito das Trilhas 1 e 2 foi calculada uma razão, denominada Razão GF, entre o grau de floculação das amostras do leito e a média aritmética dos graus de floculação das amostras externas. Valores da razão GF mais próximos de 1,0 indicam menor diferença entre o grau de floculação da amostra do leito da trilha e amostras externas, e conseqüentemente, uma situação mais favorável. Com os valores obtidos para a Razão GF foi possível delimitar três classes distintas de alteração do teor de argila dispersa em água:

- Classe 1 – amarelo – pontos com valor da Razão GF próximo de 1, situação desejável, valores $\geq 0,74$ e $\leq 1,25$.
- Classe 2 – laranja – pontos com valor da Razão GF $\geq 1,26$, indicando um grau de alteração e instabilidade intermediário, concentrado nas faixas externas da trilha.
- Classe 3 – vermelho – pontos com valor da Razão GF $\leq 0,73$, indicando um grau de alteração e instabilidade crítico, concentrado no leito da trilha.

A Trilha 1 apresenta locais mais alterados, em relação à Trilha 2, que apresenta baixos níveis de variação entre os grau de floculação das amostras do leito e amostras externas. Isto é visível principalmente nos pontos P2, P9, P11, P13 e P18 (Tabela 5.30). Dentre estes pontos, o P2, P9 e P13 apresentaram perda acentuada de solo e valores altos de variação absoluta da área de seção transversal. Pode-se concluir que este indicador ambiental demonstra efetividade em mostrar os pontos com comportamento mais crítico na Trilha 1.

Tabela 5.30 – Valores de Razão GF e classes correspondentes, Trilhas 1 e 2.

Ponto de Monitoramento	Razão GF	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (laranja)	Classe 3 (vermelho)
Trilha 1				
P1	0,92	X		
P2	1,30		X	
P3	0,97	X		
P4	0,84	X		
P5	0,94	X		
P6	0,85	X		
P8	1,07	X		
P9	0,69			X
P10	1,10	X		
P11	0,36			X
P139	0,24			X
P18	0,20			X
Trilha 2				
P14	1,78		X	
P15	1,02	X		
P16	0,85	X		
P17	1,08	X		

Obs: não foi realizada coleta de solos no ponto de monitoramento P7, perdido devido a ações de vandalismo, e nos pontos P12 e P19, que estão sobre afloramento rochoso.

Variação do teor de carbono orgânico

Considerando os resultados obtidos, observou-se que as amostras do leito da Trilha 1 apresentam, em geral, uma intensa perda relativa de carbono orgânico em relação às amostras externas. Esta análise se mostrou útil quando efetuada entre as amostras de um mesmo ponto de monitoramento, indicando claramente a faixa mais alterada.

Para analisar como este indicador reflete a alteração no leito das Trilhas 1 e 2 foi calculada uma razão, denominada Razão O, entre o teor de carbono orgânico das amostras do leito e a média aritmética dos teores de matéria orgânica das amostras externas. Para a realização do cálculo, foram atribuídos e ponderados valores para os 5 graus de teor de carbono orgânico. Com os valores obtidos para a Razão O foi possível delimitar três classes distintas de alteração do teor de matéria orgânica:

- Classe 1 – amarelo – pontos com menor alteração, valores de Razão O próximos de 1, situação desejável, valores $\geq 0,90$ e $\leq 1,25$.
- Classe 2 – laranja – pontos com alteração intermediária, valores de Razão O $< 0,90$ e $> 0,55$.
- Classe 3 – vermelho – pontos com alteração acentuada, valores de Razão O $\leq 0,55$.

A tabela 5.30 mostra os valores da Razão O para os pontos de monitoramento das Trilhas 1 e 2, bem como as respectivas Classes de alteração. A Trilha 1 teve mais de dois terços dos seus pontos enquadrados na Classe 3, de alteração mais acentuada. Dentre estes pontos estão o P2, P9 e P13, que apresentam altos valores de variação absoluta e relativa das áreas de seção transversal. Já na Trilha 2 somente um ponto foi enquadrado na Classe 3, de alteração mais acentuada. Nesta trilha a metade dos pontos enquadrou-se na Classe 1, de menor alteração, confirmando que esta trilha encontra-se em um estágio menos avançado de perda de carbono orgânico no leito da trilha.

A partir destes dados pode-se concluir que este indicador apresenta efetividade para indicar os locais com maior alteração. Por outro lado, o indicador não possui uma sensibilidade elevada, como a demonstrada pelos indicadores

“variação do grau de floculação” ou “variação absoluta da área da seção transversal”.

Tabela 5.31 – Valores de Razão O e Classes de alteração correspondentes, Trilhas 1 e 2.

Ponto de Monitoramento	Razão O*	Classe 1 (amarelo)	Classe 2 (laranja)	Classe 3 (vermelho)
Trilha 1				
P1	1,38	X		
P2	7,66			X
P3	4,20			X
P4	15,60			X
P5	10,71			X
P6	3,84			X
P8	3,61	X		
P9	31,75			X
P10	0,90	X		
P11	15,33			X
P13	7,59			X
P18	26,30			X
Trilha 2				
P14	2,03	X		
P15	6,17			X
P16	1,16	X		
P17	1,18		X	

Obs: não foi realizada coleta de solos no ponto de monitoramento P7, perdido devido a ações de vandalismo, e nos pontos P12 e P19, que estão sobre afloramento rochoso.

5.6. Percepção dos visitantes e funcionários da Unidade de Conservação

5.6.1. Entrevistas com visitantes

Perfil dos entrevistados

Dentro do total de 135 visitantes entrevistados, a maioria, no lado de Minas Gerais, está na faixa etária entre 19 e 60 anos. Já os usuários entrevistados no lado do Espírito Santo são mais jovens, com sua maioria na faixa entre 19 e 30 anos (Figura 5.20a e 5.20b). Quanto à classificação por gênero dos visitantes entrevistados, nos dois estados, a maioria dos entrevistados é de homens, chegando a uma proporção aproximada de 2 homens para cada mulher entrevistada (Figura 5.20c e 5.20d).

Em relação à procedência dos visitantes, foi constatado que, na Trilha 1, quase metade dos visitantes vem de Minas Gerais, um terço dos visitantes são oriundos do Espírito Santo e menos de um quinto vem de outros estados do Brasil. Já na Trilha 2, lado do Espírito Santo, mais de 60% dos visitantes vem deste estado, um terço vem de Minas Gerais e cerca de 5% vem de outros estados (Figura 5.20e e 5.20f). Observa-se que a procedência de outros estados teve baixa incidência nas duas trilhas. Este fato indica um problema em relação ao perfil dos visitantes, pois a unidade de conservação, sem dúvida um atrativo de âmbito nacional e internacional, está atraindo visitantes somente dos estados limítrofes.

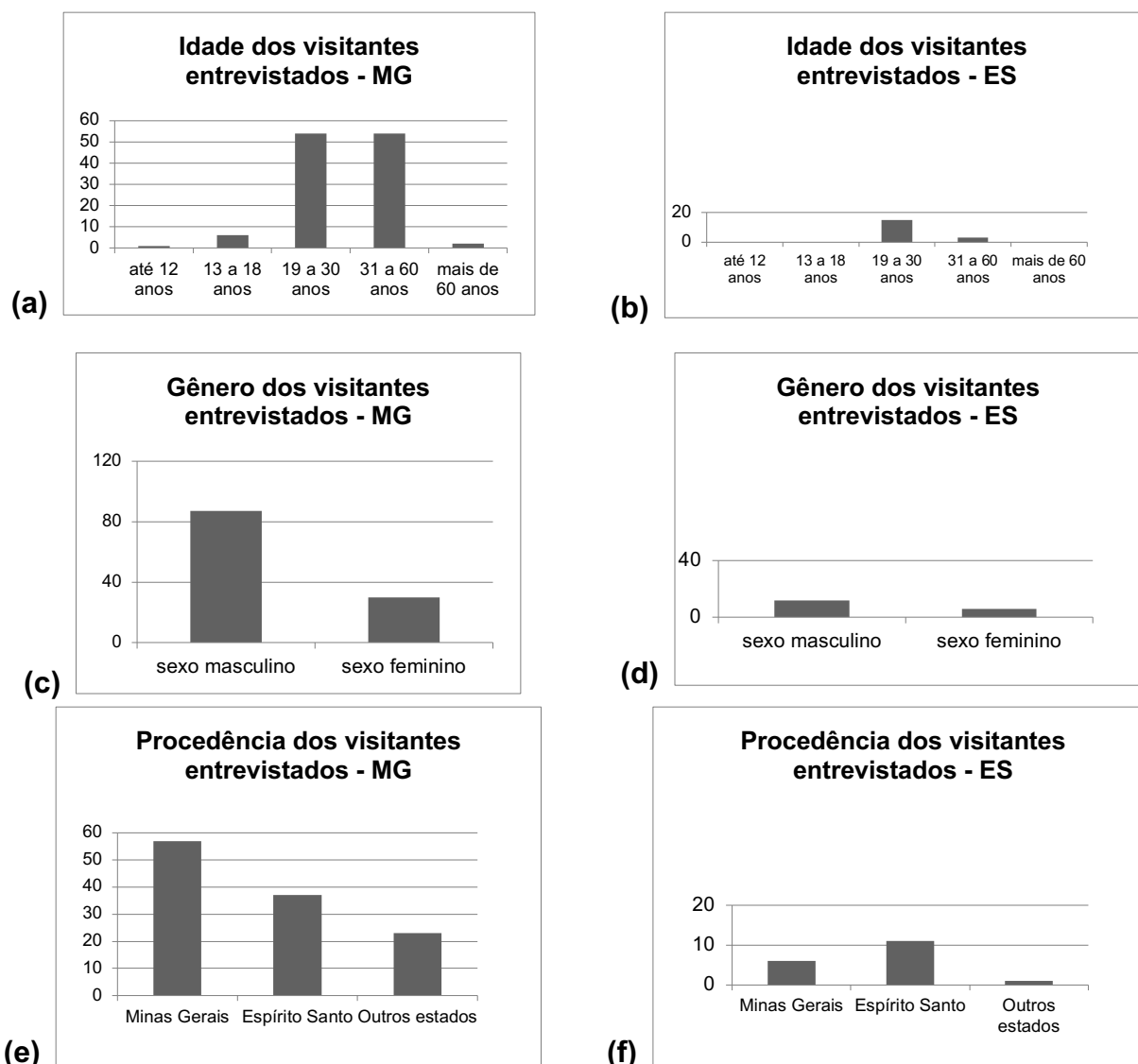


Figura 5.20 – Gráficos de perfil dos visitantes entrevistados nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Idade; (c) e (d), Classificação por Gênero; (e) e (f) Local de procedência. Todos os gráficos consideram como unidade o número de visitantes entrevistados.

Relação com a unidade de conservação

Considerando-se os dados obtidos, sobre o tempo de permanência no Parque, a maioria dos visitantes na Trilha 1, cerca de 45%, permaneceu um dia com pernoite, indicando que o objetivo principal foi chegar ao Parque à tarde, pernoitar e subir até o Pico da Bandeira durante a madrugada (Figura 5.21a). Em segundo lugar vem o grupo de visitantes que passou somente um dia no Parque, cerca de 24%, em seguida o grupo que passou dois dias, 20% e por último os visitantes que passaram mais de 2 dias no Parque, cerca de 11%. Estes dados confirmam que o principal objetivo dos usuários é visitar o Pico da Bandeira e sua trilha de acesso, como único atrativo do Parque. Para o manejo desta trilha, o dado é importante, pois indica o intenso uso a que este equipamento está sujeito.

Já no lado do Espírito Santo, a situação é diferente, cerca de 45% dos visitantes permaneceram 2 dias no Parque, em seguida 28% permaneceu mais de 2 dias, por último uma minoria de visitantes, cerca de 27%, permaneceu um dia com pernoite ou menos (Figura 5.21b). Comparativamente, podemos perceber que a Trilha 2 é utilizada por pessoas que visitaram outros atrativos do Parque, não tendo como único objetivo chegar ao Pico da Bandeira. Existe, portanto, uma diferenciação constatada, considerando-se a relação com a unidade de conservação, entre os visitantes da Trilha 1 e 2. Na primeira trilha, predomina um enfoque na subida ao Pico da Bandeira, como único objetivo da visita ao Parque. Já na segunda, predomina um comportamento de visitação ao Pico da Bandeira, aliado à visitação de outros atrativos do Parque, manifestando um permanência mais prolongada.

Quando questionados em relação ao número de visitas realizadas ao Parque, o índice de retorno dos visitantes da Trilha 2 foi maior, pois cerca de 40% dos visitantes entrevistados neste local estava retornando à unidade de conservação (Figura 5.21c e 5.21d). No lado mineiro, menos de um terço dos visitantes estava retornando ao Parque. Isto possivelmente indica que os visitantes da Trilha 2 tem uma experiência mais satisfatória na trilha, o que os leva a retornar ao Parque, inclusive trazendo outras pessoas.

No que se refere aos locais visitados dentro do Parque, os visitantes da Trilha 1 citaram, em sua grande maioria, o Pico da Bandeira como atrativo mais visitado, apenas 19% das citações contemplam outros locais (Figura 5.21e e 5.21f). Já os visitantes do lado capixaba citaram, de forma mais acentuada, outros atrativos visitados, além do Pico da Bandeira. Isto confirma a dinâmica diferenciada de visitação: os usuários da Trilha 1 se concentram no Pico da Bandeira como principal atrativo, já os da Trilha 2 visitam este local, mas juntamente com esta atividade focal, visitam outros atrativos do Parque. Um fato notável é que o Centro de Visitantes, equipamento de suma importância para o planejamento e organização da visitação de um Parque Nacional, foi citado apenas 3 vezes como local visitado. Isto demonstra e não operação efetiva deste equipamento, indicando uma séria deficiência de manejo.

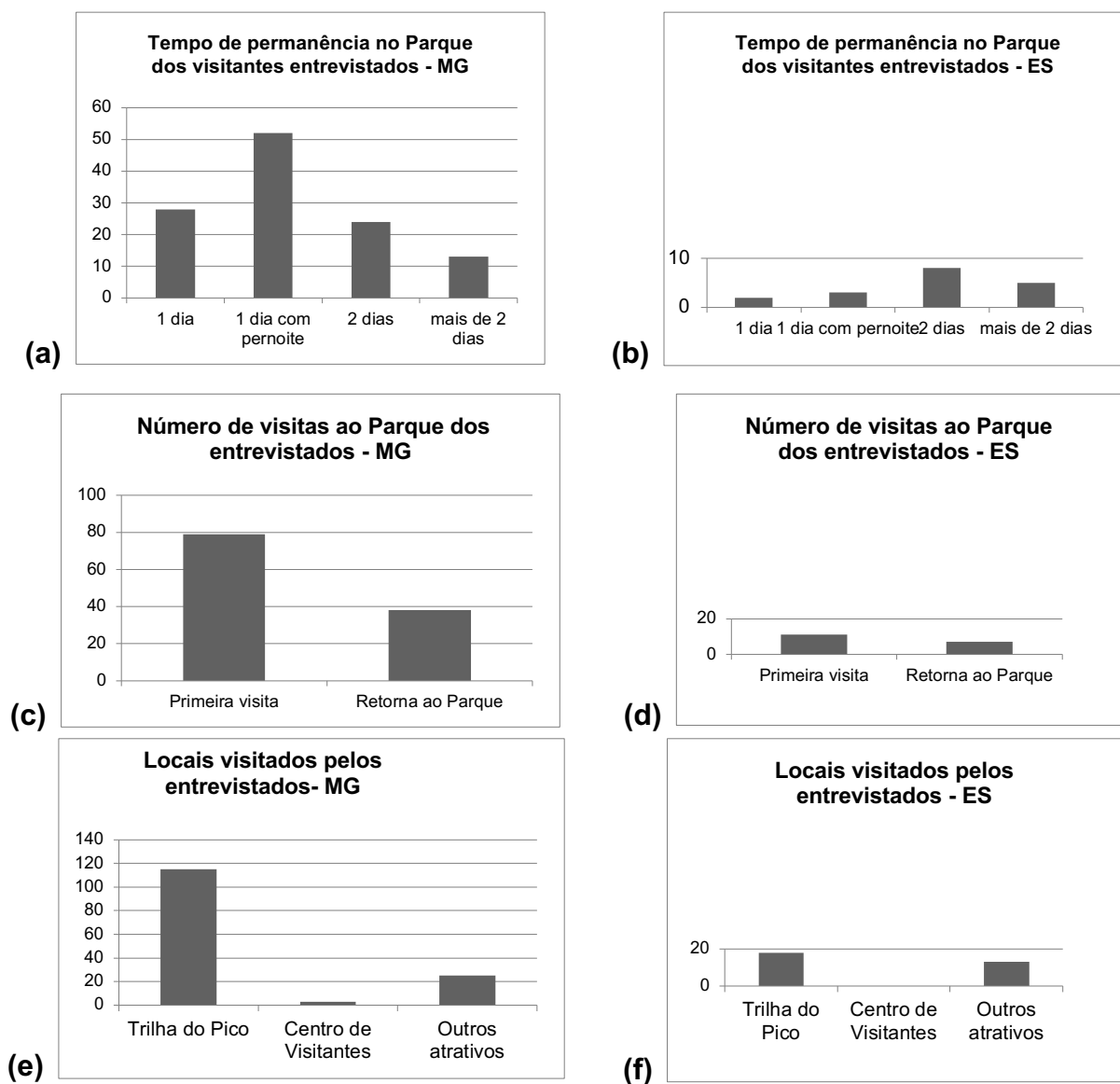


Figura 5.21 – Gráficos de relação dos visitantes entrevistados com a UC, nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Tempo de permanência no Parque; (c) e (d), Número de visitas realizadas; (e) e (f), Locais visitados durante a permanência. Os gráficos de a a d consideram, como unidade, o número de visitantes entrevistados, os gráficos e e f consideram o número de citações nas entrevistas.

Dinâmica de visitação

No lado mineiro a maioria dos visitantes organiza-se em grupos de 2 a 5 pessoas, tendência que é seguida no lado do Espírito Santo (Figura 5.22a e 5.22b). Este tamanho de grupo corresponde à lotação de um veículo de passeio normal, indicando que a maioria dos visitantes se agrupa por veículos, ao visitar o Parque. Na Trilha 1 existe uma maior diversidade de tamanhos de grupos e observou-se a presença de grupos de 11 a 15, e com mais de 15 pessoas, o que não acontece na Trilha 2. Para o manejo das trilhas esta diferenciação é importante, pois a presença de grupos maiores, na Trilha 1, indica uma utilização mais intensa. Em termos de utilização de acampamentos, constatou-se que, nas duas trilhas, a maioria dos visitantes utilizou este equipamento, sendo que, na Trilha 2, a proporção de visitantes que utilizaram este equipamento foi maior (Figura 5.22c e 5.22d). Esta constatação tem implicações importantes para as decisões de manejo, pois com este uso intenso fica comprovada a necessidade de manutenção e investimentos constantes nestes equipamentos. A grande maioria dos visitantes, nas duas trilhas, não utilizou o serviço disponível de guias locais, sendo que a proporção de utilização foi maior na Trilha 1 (Figura 5.22e e 5.22f).

Somente na Trilha 1 existe a disponibilização e permissão de uso de mulas, para transporte de carga e dos próprios visitantes, tendo como destino o Pico da Bandeira. Pouco mais de 16% dos visitantes utilizaram este serviço. A partir disto percebe-se que o serviço de mulas, que causa muitos impactos e efeitos ambientais correlatos, como a perda de solo extremamente elevada observada no ponto de monitoramento P9, é utilizado pela minoria dos visitantes (Figura 5.22g). A manutenção deste serviço, portanto, não se mostra sustentável dentro dos objetivos de conservação preconizados pelo Parque.

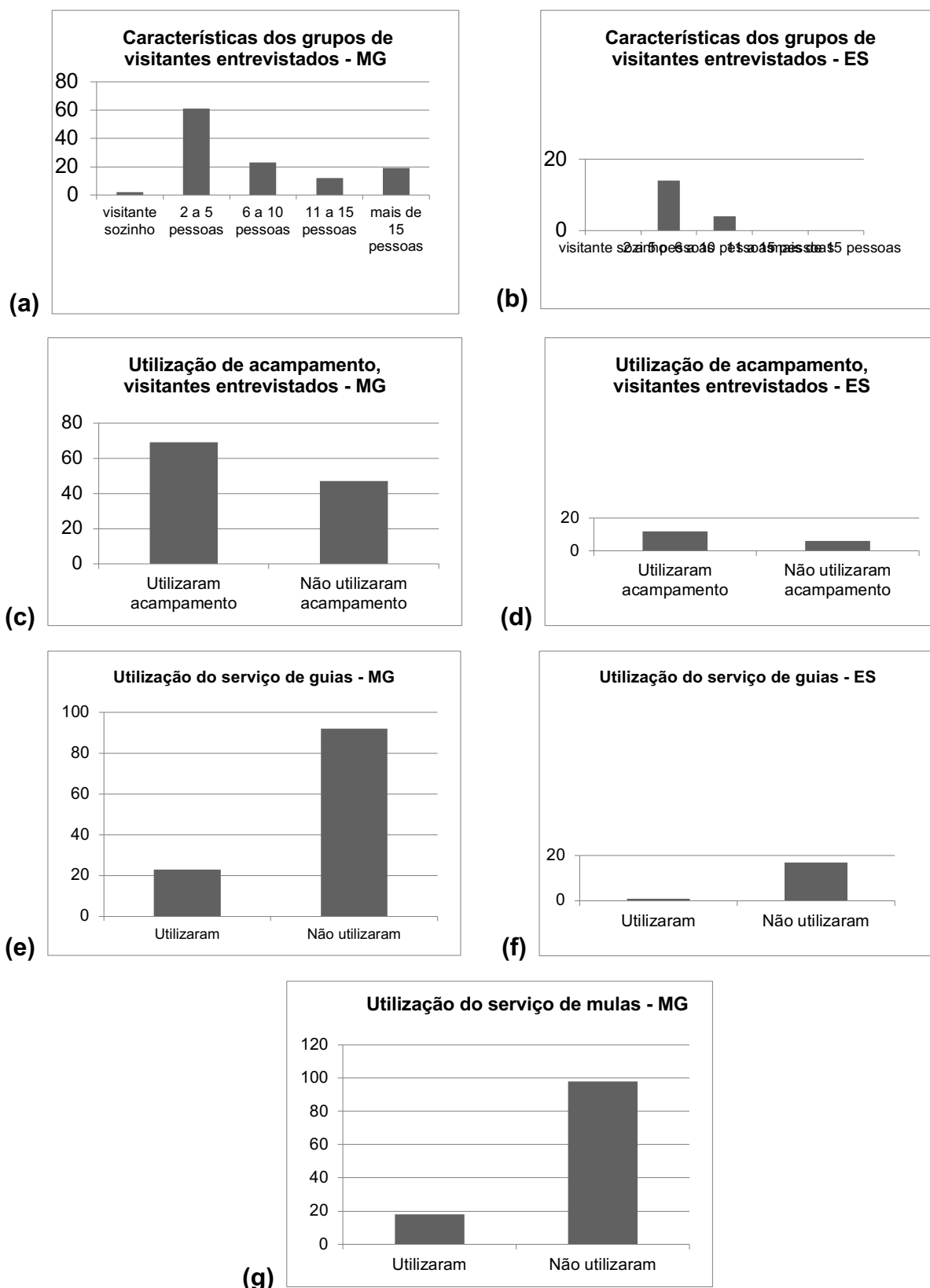


Figura 5.22 – Gráficos de perfil de dinâmica de visitação nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Tamanho de grupos; (c) e (d), Utilização de acampamentos; (e) e (f), Utilização do serviço de guias, (g) Utilização do serviço de mulas. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de visitantes entrevistados.

Aspectos de utilização das trilhas

Em ambas as trilhas, a maioria dos visitantes realizou a subida ao Pico durante a noite (Figura 5.23a e 5.23b). No lado mineiro, a proporção de visitantes que realizaram a subida durante a noite ou durante o dia é ligeiramente mais equilibrada. Este aspecto é importante, pois a utilização das trilhas durante a noite tem como consequências: a necessidade de uso de iluminação artificial, dificuldade de condições de orientação, aumento dos riscos de hipotermia e aumento dos riscos de abertura de caminhos alternativos.

Outro aspecto de utilização das trilhas a ser questionado foi a existência de dúvidas quanto ao caminho a seguir. Na Trilha 1 cerca de 48% dos visitantes tiveram dúvidas, na Trilha 2 esta proporção sobe para 60% (Figura 5.23c e 5.23d). Os dados obtidos indicam, em geral, alta incidência de dúvidas ao percorrer as trilhas de acesso ao Pico. Isto pode estar sendo causado por deficiências no sistema de sinalização das trilhas, pela existência de caminhos alternativos ou, mais provavelmente, pela combinação dos dois fatores citados. Quanto ao método utilizado pelos visitantes para orientação nas trilhas, observa-se que, na Trilha 1, os recursos mais usados foram as marcações amarelas, feitas com tinta sobre as superfícies rochosas, em segundo lugar as estacas colocadas ao lado da trilha (Figura 5.23e e 5.23f). Esta tendência é acompanhada na Trilha 2, com menor utilização proporcional de guias. Nas duas trilhas chama a atenção o fato de não haver menção ao uso de funcionários do Parque como recurso de orientação, uma séria deficiência de manejo. Os problemas detectados em relação à orientação nas trilhas são confirmados quando analisam-se as opiniões sobre a sinalização existente. Os dados indicam que, em ambas as trilhas, a sinalização é insuficiente para quase metade dos visitantes entrevistados (Figura 5.23g e 5.23h).

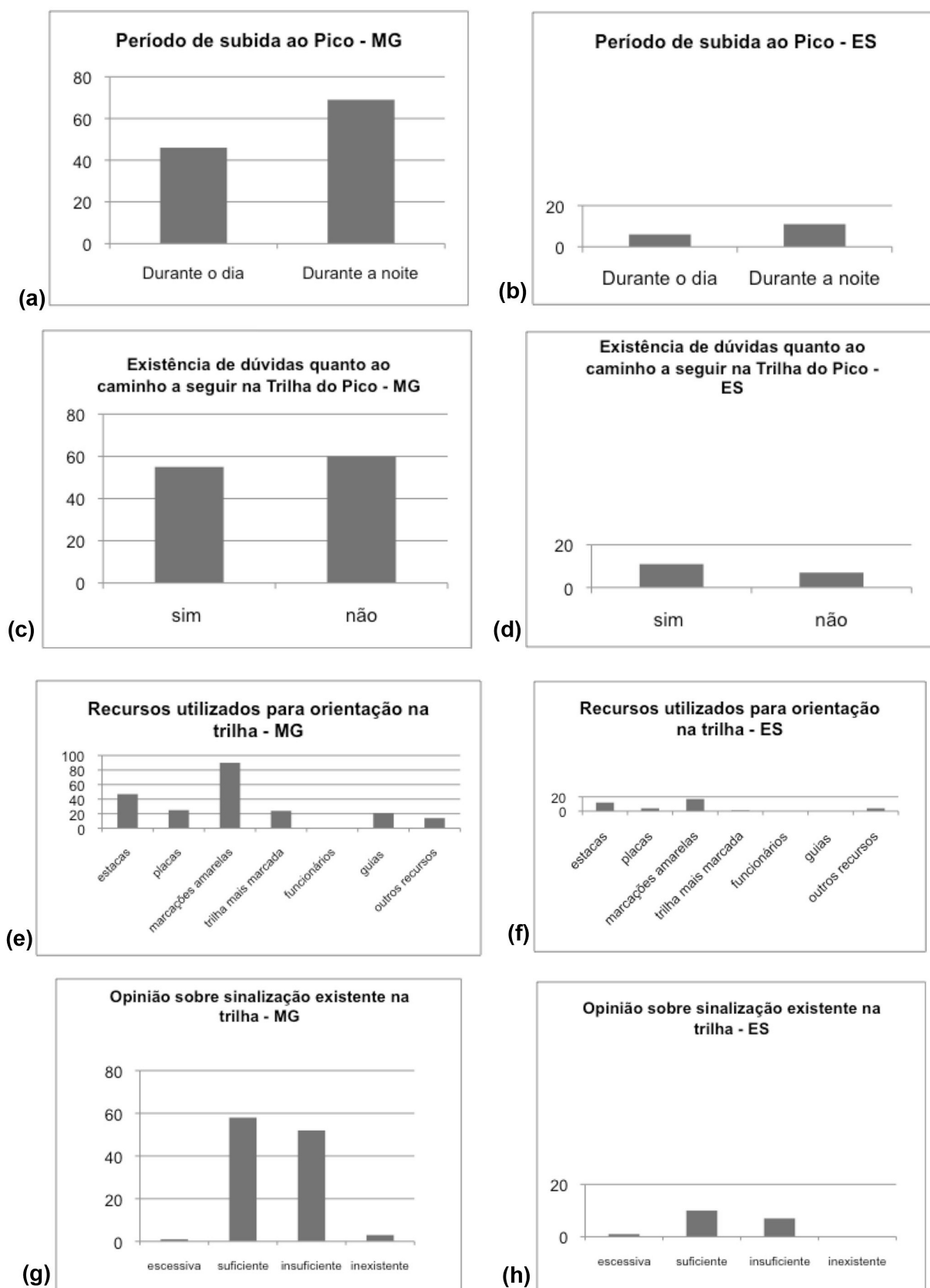


Figura 5.23 – Gráficos de aspectos de utilização das Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Período de subida ao Pico; (c) e (d), Existência de dúvidas no caminho; (e) e (f), Recursos utilizados para orientação; (g) e (h), Opinião sobre sinalização existente. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de citações nas entrevistas.

Identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhamento e problemas físicos nas trilhas

Nas entrevistas foram utilizados conceitos simplificados de percepção, relacionados a possíveis dificuldades de caminhamento e problemas físicos nas trilhas, que possivelmente estariam sendo encontrados pelos visitantes. Para identificação dos trechos foram utilizados os diagramas contidos na figura 4.12. Dentre os critérios utilizados os que se mostraram mais efetivos foram a percepção de declividade acentuada e riscos de acidentes, como os relacionados a lugares com possibilidades de queda de maior altura. Quando solicitados a identificar o trecho com maiores irregularidades no piso, maiores declividades e maiores riscos de queda, a maioria dos visitantes da Trilha 1 citaram, em sua grande maioria, o Trecho 3 (Figura 5.24a a 5.24e). Já na Trilha 2, as maiores irregularidades de piso e os maiores riscos foram apontados no Trecho 2. Para o critério declividade acentuada os visitantes desta trilha apontaram um equilíbrio entre os dois trechos. Com estes dados é possível concluir que, considerando-se as medias de citações, na Trilha 1 foi identificado o Trecho 3 como o mais problemático, já na Trilha 2 esta área corresponde ao Trecho 2.

Estes resultados, quando comparados aos obtidos no item 5.1, Mapeamento de declividade, e no item 5.5, Variação da área da seção transversal e análise de solos, mostram uma situação de coerência. Os resultados do item 5.1 mostraram que, o Trecho 3, da Trilha 1, possui a maior concentração de trechos com declividade acentuada, principalmente próximo ao Pico da Bandeira. Na Trilha 2 os resultados apontaram toda a trilha classificada com declividade uniforme, na faixa entre 11 e 20%. Portanto, a dificuldade dos visitantes em identificar um trecho com maior declividade se justifica. Os resultados do item 5.5 apontam o Trecho 3, da Trilha 1, com uma concentração de pontos com problemas de perda acentuada de solo e processos erosivos, como é o caso do P9 e P13. Na percepção dos visitantes estes problemas foram identificados facilmente como irregularidades de piso.

Portanto, com base nesta identificação de trechos, pode-se afirmar que, na Trilha 1, o trecho 3 necessita de uma maior atenção em relação ao planejamento e implantação de infra-estrutura de caminhamento e segurança dos visitantes. Na Trilha 2, o trecho apontado, e que também demanda maior atenção em relação a estes itens, é o Trecho 2.

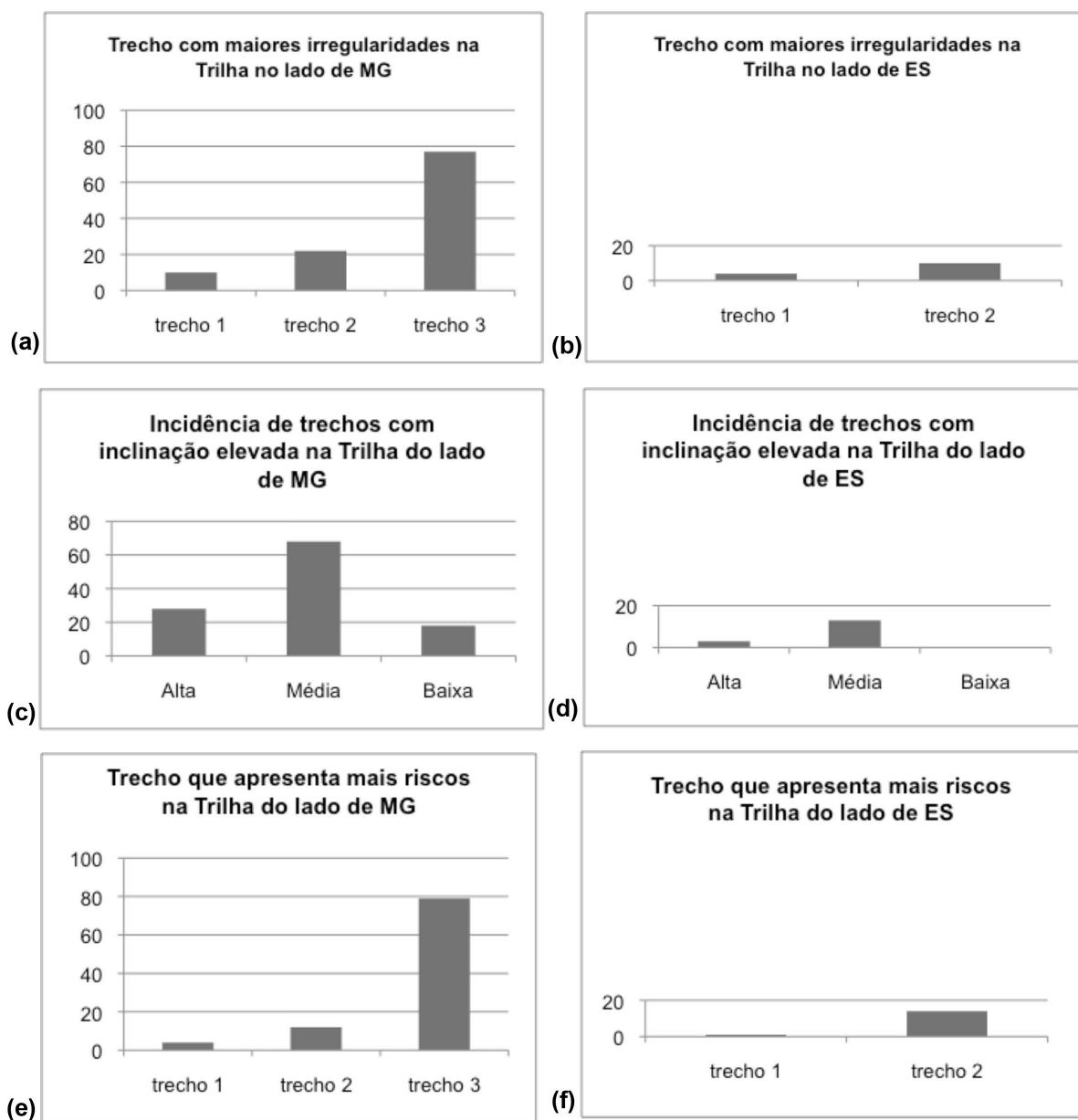


Figura 5.24 – Gráficos de identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhada e problemas físicos nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) e (b), Irregularidades de piso; (c) e (d), Inclinação elevada; (e) e (f), Riscos de queda. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de citações nas entrevistas.

5.6.2. Entrevistas com funcionários da Unidade de Conservação

Perfil dos entrevistados

Dentro do total de 20 funcionários entrevistados, a maioria tem entre 19 e 60 anos, com ênfase para profissionais mais jovens, com idade entre 19 e 30 anos, com predomínio de funcionários do sexo masculino (Figuras 5.25a, 5.25b e 5.25c). A maioria dos funcionários vem do estado de Minas Gerais, um resultado esperado, pois as principais instalações do Parque se localizam em Alto Caparaó – MG.

Segundo informações da administração da unidade de conservação, os funcionários da brigada PREVFOGO costumam realizar atividades de manutenção nas trilhas. Com intenção de testar esta informação foi elaborada questão específica à respeito. A totalidade dos entrevistados, que pertencem à citada brigada de incêndio PREVFOGO, respondeu que realiza atividades de manutenção em trilhas durante suas atividades de trabalho (Figura 5.25d).

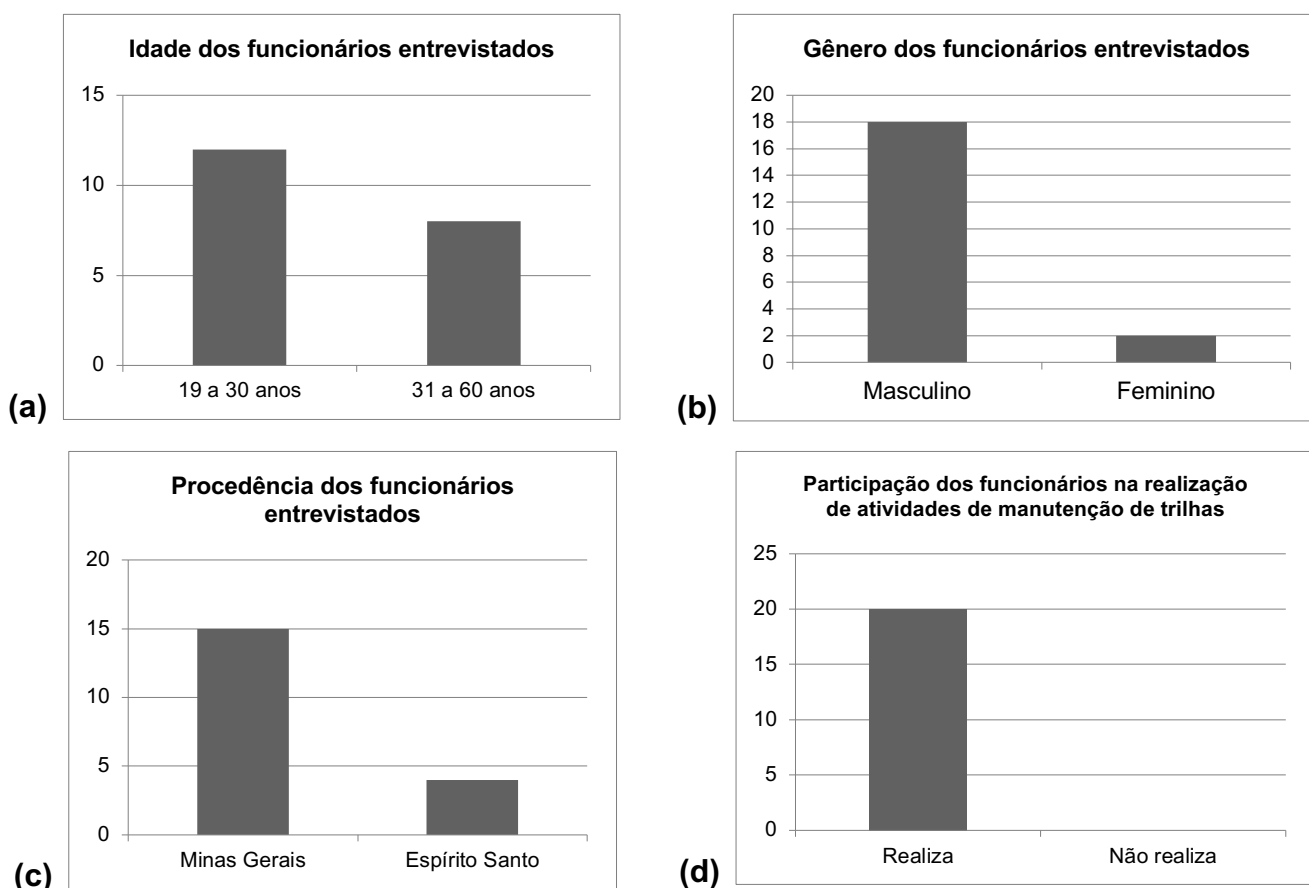


Figura 5.25 – Gráficos de perfil dos funcionários entrevistados, considerando: (a) Idade; (b) Gênero; (c) Procedência e (d) Participação em atividades de manutenção. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de entrevistados.

Aspectos de utilização das trilhas

Dentro dos aspectos de utilização das trilhas cerca de 90% dos funcionários informaram que não tem dúvidas ao caminhar nas trilhas, um resultado diferente do obtido com os visitantes (Figura 5.26a). Já quando questionados sobre quais estruturas são usadas para orientação a resposta dos funcionários foi semelhante à dos visitantes, com predomínio das estacas, seguidas pelas marcações amarelas (Figura 5.26b). Em relação à qualidade da sinalização a grande maioria dos funcionários, em comportamento diverso ao dos visitantes, opinou que a sinalização é suficiente (Figura 5.26c).

Esta diferença de percepções e opiniões pode ser atribuída ao contato diário dos funcionários com o trabalho. Nestas atividade eles ganham maior experiência ao caminhar nas trilhas do Parque, sentindo menos dificuldades de orientação.

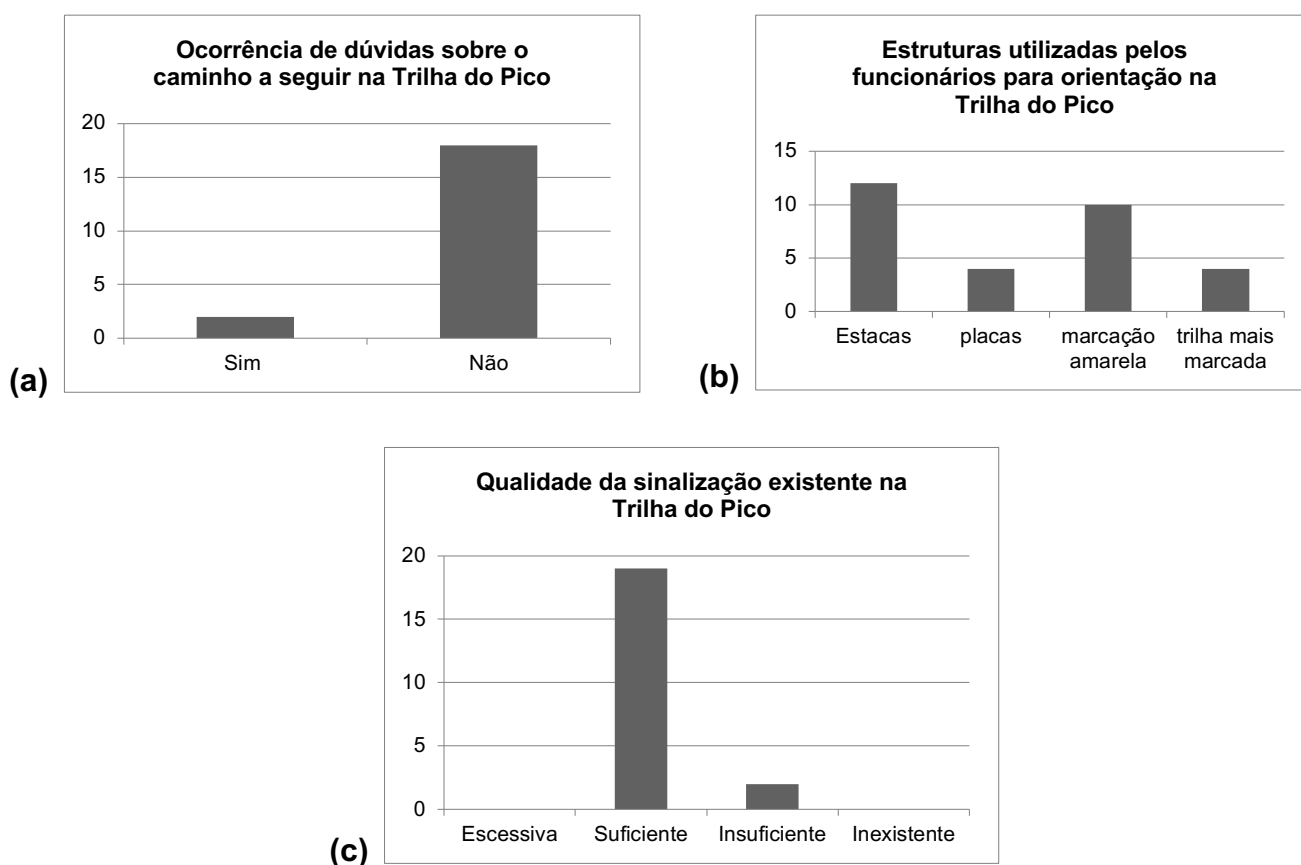


Figura 5.26 – Gráficos de aspectos de utilização das trilhas, considerando: (a) Ocorrência de dúvidas em relação ao caminho a seguir; (b) Estruturas utilizadas para orientação; (c) Avaliação da qualidade da sinalização das trilhas. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de citações.

Identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhada e problemas físicos nas trilhas

Para identificação de trechos foram utilizados os mesmos perfis esquemáticos das entrevistas dos visitantes, mas para os funcionários foi considerada uma comparação entre os cinco trechos, das Trilhas 1 e 2, contemplando a extensão completa das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira.

Confirmando o resultado obtido com os visitantes foi citado o trecho 3, da Trilha 1 como o que apresenta maiores irregularidades de piso, declividades acentuadas e maiores riscos de acidentes (Figuras 5.27a, 5.27b e 5.27c). Para a Trilha 2 os funcionários tiveram a mesma percepção dos visitantes, de que a trilha possui declividade uniforme, sem possibilidade de determinação de um trecho com declividade mais acentuada. Nos outros critérios de irregularidades de piso e riscos os funcionários também confirmaram a percepção dos visitantes, apontando o Trecho 2 como o mais problemático.

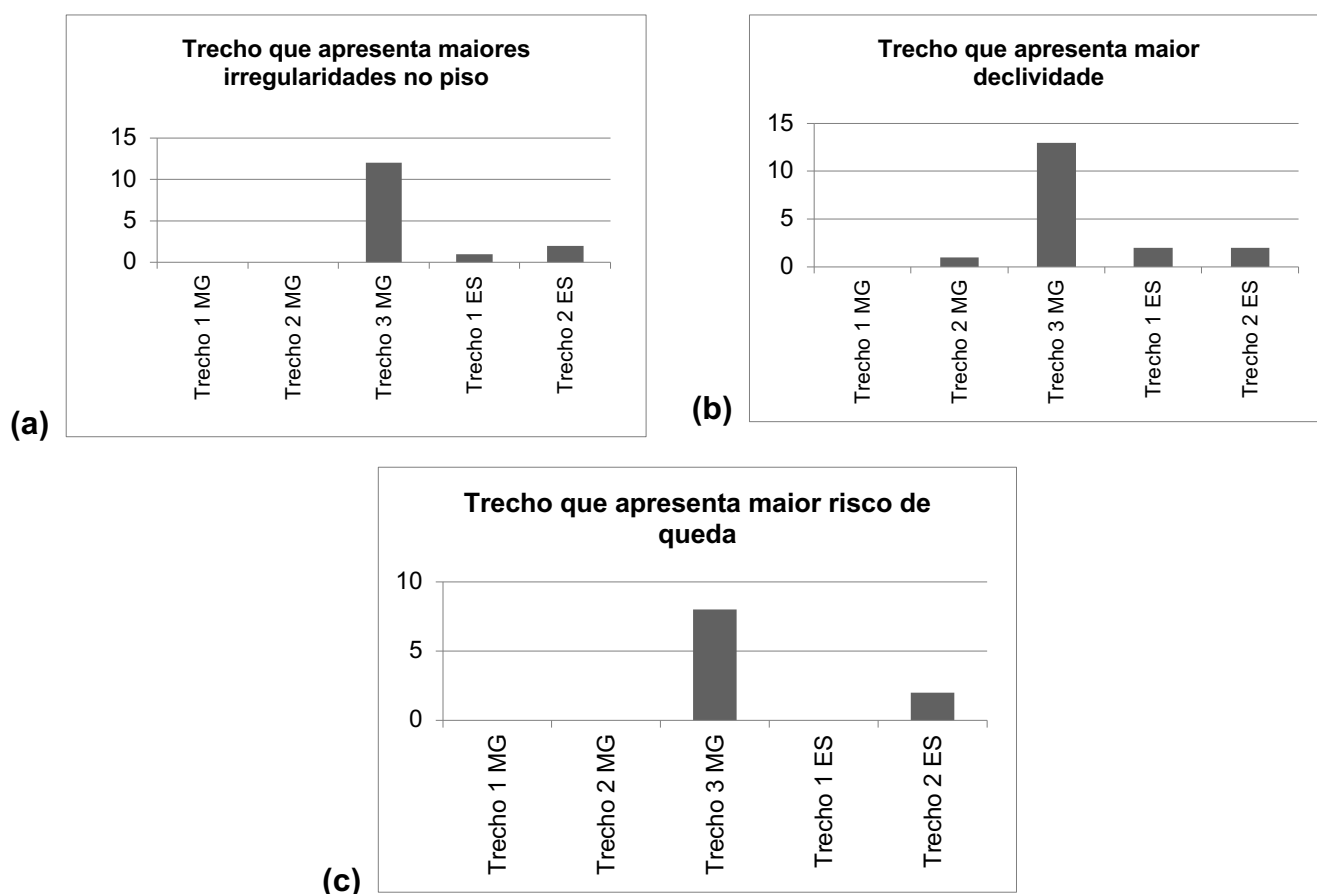


Figura 5.27 – Gráficos de identificação de trechos com maior incidência de dificuldades de caminhada e problemas físicos nas Trilha 1 e 2, considerando: (a) Irregularidades de piso; (b) Declividade acentuada; (c) Riscos de queda. Todos os gráficos consideram, como unidade, o número de citações.

5.7. Resultados finais

A partir do conjunto de resultados obtidos foram elaborados sistemas gráficos de barras de análise de trilhas, específicos para as Trilhas 1 e 2 do Parque Nacional do Caparaó, de acordo com a metodologia exposta no item 4.1. Nota-se que a representação gráfica dos resultados e a associação das barras de análise de indicadores, com o perfil topográfico da trilha, facilitam o entendimento e a utilização dos resultados obtidos nas ações de manejo do Parque Nacional do Caparaó. A correspondência vertical, entre os trechos mapeados no perfil topográfico e as barras de análise, cria uma relação direta, sendo rápida a identificação dos trechos mais desfavoráveis e/ou alterados, considerando o parâmetro de cada indicador em separado, ou uma comparação entre indicadores. A Barra síntese permite a visualização da junção da análise dos resultados, o que é de grande valia para determinar os locais prioritários para ações de manejo e manutenção. Toda a representação gráfica também guarda elevado potencial para subsidiar o planejamento da infra-estrutura de caminhamiento, sinalização e segurança dos visitantes.

Observando-se a Barra síntese da Trilha 1, vê-se que a maior intensidade de alterações e problemas ocorre nos trechos próximos aos pontos de monitoramento P2, P9, P13 e P18 (Figura 5.28). Já na Trilha 2, observam-se condições físicas semelhantes à Trilha 1, desfavoráveis em sua maioria, mas as alterações de uso indicam um nível de alteração geral mais baixo (Figura 5.29). Isto é visível considerando-se principalmente as condições semelhantes, apontadas pelos indicadores: Mapeamento de declividade, Contextualização da trilha na vertente e Classificação textural de solo do leito. Já a baixa ocorrência de problemas relacionados à alterações decorrentes de uso se confirmam, por exemplo, observando-se os resultados dos indicadores: Variação absoluta da área da seção transversal, Variação relativa da área da seção transversal e Variação do grau de floculação (razão GF), que indicam claramente uma menor alteração nesta trilha. Nota-se que a Trilha 2 possui um menor nível de alterações, decorrente de uma menor intensidade de uso e decisões de manejo como a não utilização de mulas para transporte de cargas e visitantes.

Figura 5.28 - Sistema gráfico de barras de análise - Trilha 1

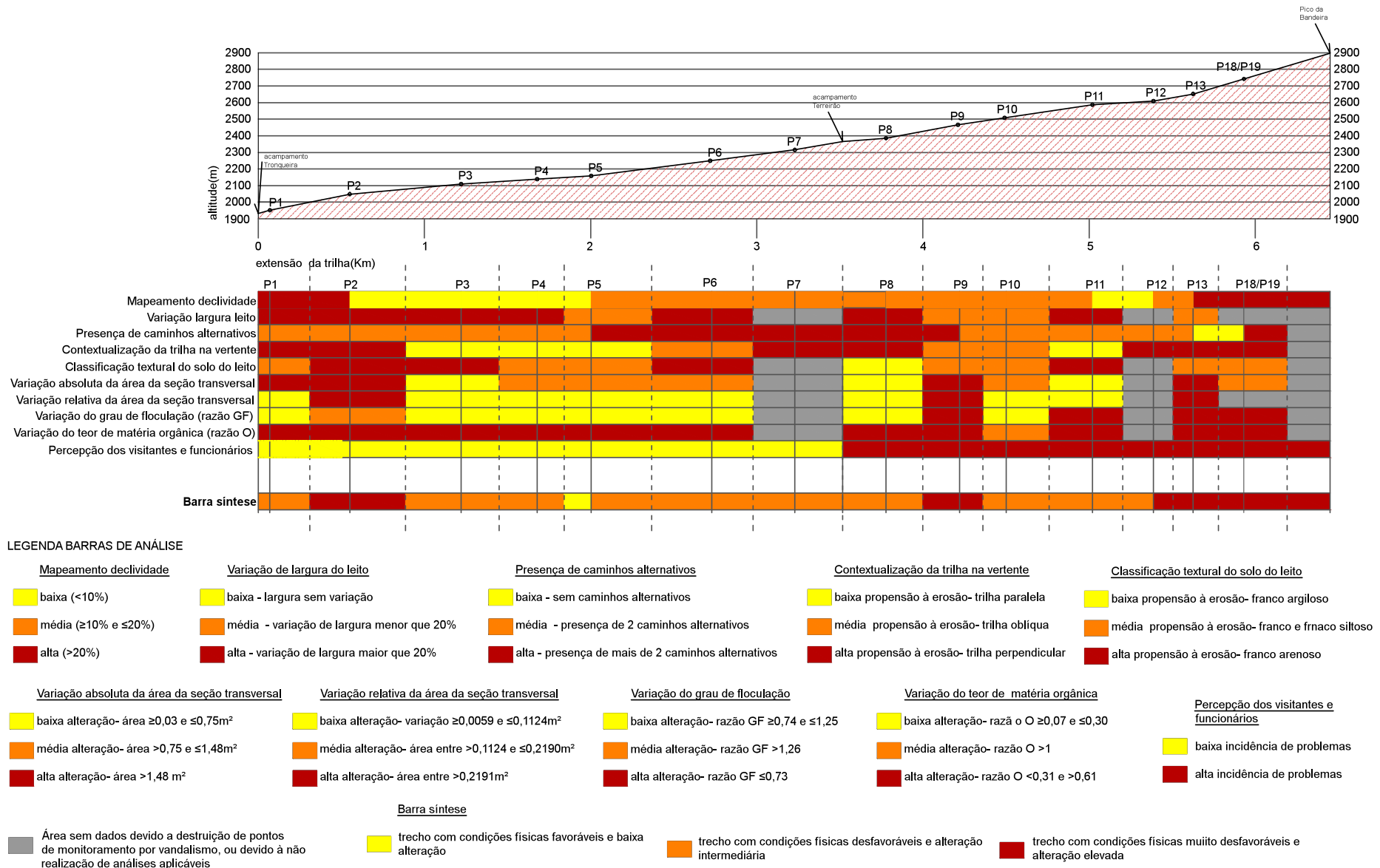
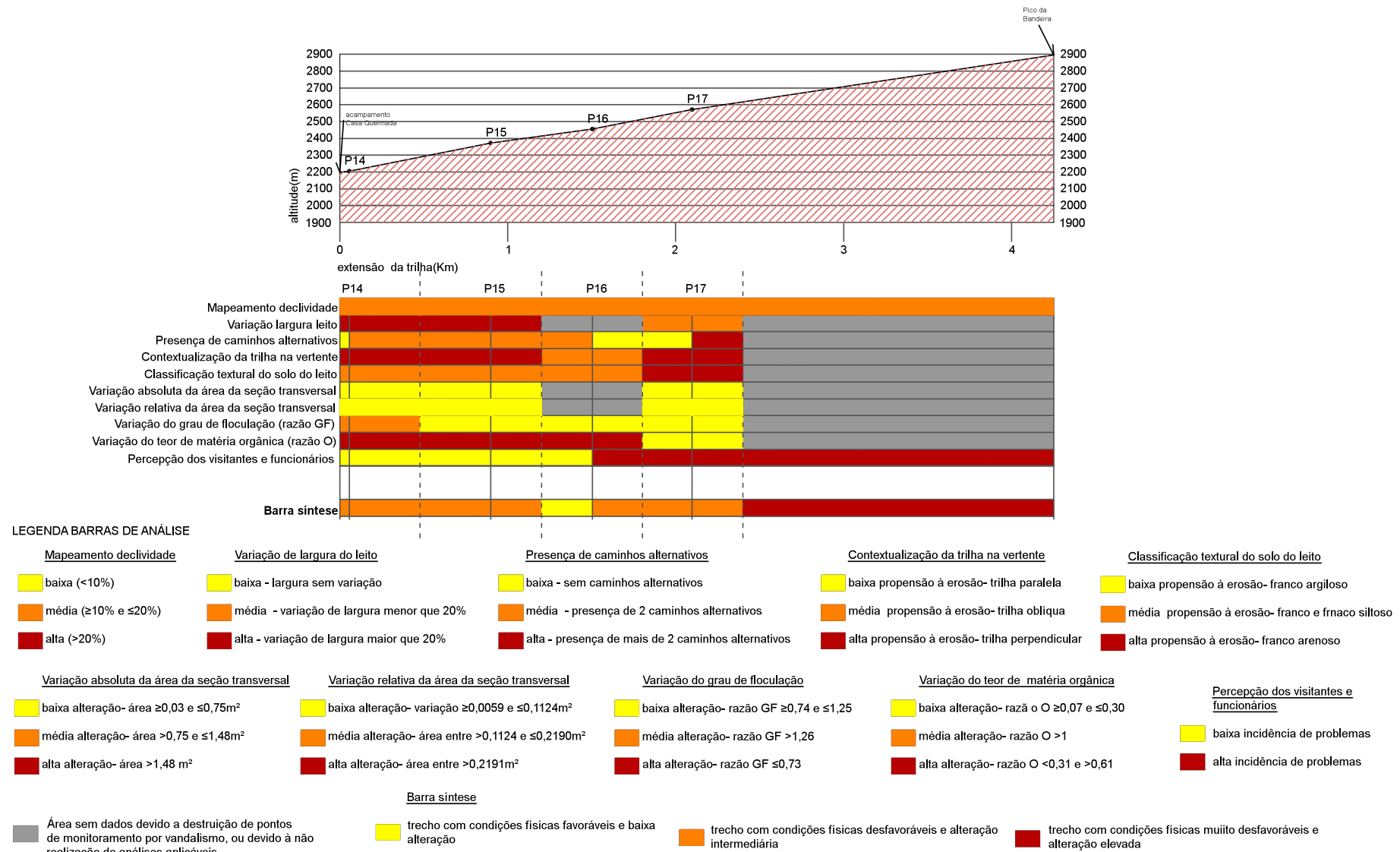


Figura 5.29 - Sistema gráfico de barras de análise - Trilha 2



Pode-se inferir que, se submetida a uma intensidade de uso semelhante à da Trilha 1, a Trilha 2 irá apresentar, no futuro, os mesmos problemas e alterações. A figura 5.30 ilustra uma situação, de extrema alteração, registrada no ponto de monitoramento P2, na Trilha 1, durante o período de monitoramento. Caso seja mantida uma dinâmica diferenciada na Trilha 2, com menor fluxo de visitantes, pode-se supor que esta irá manter um quadro de alterações físicas menores que as observadas na Trilha 1.



Figura 5.30 – Imagens do ponto de monitoramento P2. Acima, o ponto em setembro de 2008, abaixo, o mesmo local, visto de outro ângulo, em setembro de 2010. A alteração é visível e alarmante, com acentuada perda de solo e de vegetação.

A análise desta síntese de resultados também permite definir quais indicadores ambientais, dentre o rol de indicadores testados, tiveram maior

efetividade na identificação de problemas nas trilhas, podendo ser efetivamente utilizados para os processos de diagnóstico e monitoramento das trilhas do Parque. Para esta avaliação foi considerada uma matriz de ponderação entre investimentos em recursos de tempo, em recursos financeiros, o grau de efetividade para o diagnóstico e o grau de efetividade para o monitoramento das trilhas (Tabela 5.32).

Tabela 5.32 – Avaliação da efetividade de aplicação dos indicadores ambientais, com base nos resultados obtidos nos estudos realizados nas trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, Parque Nacional do Caparaó.

Indicador ambiental utilizado	Investimento de recursos (tempo)	Investimento de recursos (financeiros)	Efetividade para o diagnóstico em trilhas	Efetividade para o monitoramento de trilhas
Mapeamento de declividade	médio	médio	alta	baixa
Variação de largura do leito da trilha	médio	baixo	baixa	baixa
Presença de caminhos alternativos	baixo	baixo	média	alta
Contextualização da trilha na vertente	baixo	médio	alta	baixa
Classificação textural do solo do leito da trilha	médio	médio	média	baixa
Variação absoluta da área da seção transversal da trilha	alto	médio	alta	baixa
Variação relativa da área da seção transversal da trilha	alto	médio	alta	alta
Variação do grau de flocculação (fator GF)	médio	médio	alta	alta
Variação do teor de matéria orgânica (fator O)	médio	médio	média	média
Percepção dos visitantes e funcionários da unidade de conservação	baixo	baixo	média	baixa

Para utilização no diagnóstico de problemas mostraram maior efetividade os indicadores: Mapeamento de declividade, Contextualização da trilha na vertente, Variação absoluta da área da seção transversal, Variação relativa da área da seção transversal e Variação do grau de flocculação (fator GF). Dentre estes indicadores, ressalta-se que somente os que levam em conta a variação da área da seção transversal demandam alto investimento de tempo. Tanto para Magro (1999), quanto para Lechner (2005), os indicadores ligados ao mapeamento da declividade e medição área da seção transversal são efetivos. Os outros indicadores, ligados também a análises pedológicas e geomorfológicas, não foram citados nestes trabalhos, portanto, os resultados encontrados

concordam com os autores, mas vão além quanto à tipologia de indicadores utilizados. Já para utilização em trabalhos de monitoramento, mostraram maior efetividade os indicadores: Presença de caminhos alternativos, Variação e relativa da área da seção transversal e Variação do grau de floclulação (fator GF). Outra vez, considerando os resultados obtidos, comparados às observações de Magro (1999) e Lechner (2005), observa-se uma concordância em relação à efetividade dos dois primeiros indicadores. A análise do grau de floclulação não foi mencionada pelos citados autores.

A aplicação de um sistema de monitoramento das trilhas do Parque Nacional do Caparaó depende fundamentalmente de recursos humanos disponíveis e de uma capacitação específica. Durante as entrevistas realizadas neste trabalho, constatou-se que, dentro do contexto desta unidade de conservação, os recursos humanos mais adequados, para atuação em futuras ações de monitoramento das trilhas são os integrantes da brigada PREVFOGO. Estes funcionários demonstraram estreita ligação com as trilhas, já desempenhando, atualmente, atividades de manutenção. Aliado a estes recursos humanos deve existir, dentro do corpo técnico da unidade de conservação, uma equipe apta a coordenar os trabalhos. O trabalho voluntário é também uma das bases de formação de recursos humanos, que pode ser utilizada para o estabelecimento de uma equipe de monitoramento e manutenção de trilhas no Parque. Experiências internacionais, como o corpo de voluntários da Appalachian Trail, nos Estados Unidos, e nacionais, como o grupo de manutenção de trilhas do Parque Nacional da Tijuca, no Rio de Janeiro, demonstram que o voluntariado é uma das bases mais efetivas para os trabalhos de monitoramento e manutenção de trilhas. Durante as entrevistas, constatou-se que a maioria dos guias que atuam nas trilhas do Parque são residentes em Alto Caparaó – MG, pode-se considerar que estes profissionais, são os mais aptos a formar o núcleo central do voluntariado para os trabalhos nas trilhas do Parque.

6. Considerações finais e recomendações

Com base na pesquisa realizada, e na análise dos resultados obtidos, apresentam-se as seguintes considerações finais:

- O trabalho realizado mostrou que o uso de indicadores ambientais, focalizados em aspectos pedológicos e geomorfológicos, é uma ferramenta efetiva para subsidiar processos de diagnóstico e de monitoramento, nas trilhas do Parque Nacional do Caparaó. Esta ferramenta possibilita a aplicação efetiva de metodologias de monitoramento, como os métodos VIM- Visitors Impact Monitoring e LAC – Limits of Acceptable Change, ou outras que venham a ser desenvolvidas. Esta constatação gera possibilidades mais amplas que a utilização de metodologias focalizadas na determinação numérica da capacidade de carga, como a metodologia CCT – Capacidade de Carga Turística.
- Com o estudo foi possível uma caracterização das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, considerando principalmente aspectos ligados à pedologia, geomorfologia, infra-estrutura e manejo existente. Constatou-se um quadro de alterações ambientais acentuadas na Trilha 1, onde identificou-se intensa perda de solo e alteração de suas propriedades físicas. Nesta trilha os pontos de monitoramento P2, P9, P13 e P18, mostraram maior nível de alteração. Atribui-se, este quadro da Trilha 1, a um maior fluxo de visitantes e à permissão para utilização de mulas de carga. Já a Trilha 2 mostrou-se menos impactada, com menor perda de solo e menor alteração das suas propriedades físicas. Apesar deste quadro diferencial, constatou-se que ambas as trilhas possuem condições geomorfológicas semelhantes, como predomínio de declividades acentuadas e de trechos com posicionamento desfavorável em relação às vertentes. Observou-se também, como fator comum às duas trilhas a carência de infra-estrutura adequada de caminhamento, sinalização e segurança dos visitantes.
- Foi possível definir e testar os indicadores ambientais aplicáveis ao estudo de caso, chegando à conclusão de quais são os mais efetivos para a

utilização e futuros processos de diagnóstico e monitoramento de trilhas no Parque Nacional do Caparaó. Para os processos de diagnóstico mostraram-se mais efetivos os indicadores: (1) Mapeamento de declividade, (2) Contextualização da trilha na vertente, (3) Variação absoluta da área da seção transversal, (4) Variação relativa da área da seção transversal e (5) Variação do grau de floculação (fator GF). Para os processos de monitoramento mostraram-se mais efetivos os indicadores: (1) Presença de caminhos alternativos, (2) Variação absoluta da área da seção transversal e (3) Variação do grau de floculação (fator GF).

- Os recursos gráficos e cartográficos, utilizados para representação dos resultados, como no Sistema gráfico de barras de análise, mostraram-se facilitadores da visualização, espacialização e utilização destes resultados. Este Sistema constitui um importante recurso, a ser aplicado em processos de diagnóstico, monitoramento e manejo das trilhas do Parque Nacional do Caparaó.
- Por outro lado, com esta representação gráfica como facilitadora da compreensão dos resultados e análises, gerou-se uma aplicação prática de estudos acadêmicos, criando soluções práticas para estudos de diagnóstico e monitoramento de trilhas.
- Considerando os resultados e análise obtidas, a partir da utilização dos indicadores ambientais escolhidos, combinados à representação gráfica e cartográfica proposta, observou-se potencial para aplicação efetiva desta metodologia em outras Unidades de Conservação brasileiras. Esta observação se justifica, já que foram utilizados, como base da metodologia, conceitos pedológicos e geomorfológicos genéricos, que podem ser aplicados a outras realidades ambientais, e, conseqüentemente, a outras Unidades de Conservação.
- Durante a pesquisa foram construídos, ou utilizados, equipamentos simples e pouco onerosos, bem como foram utilizadas técnicas de medição e análise de solos de baixo investimento financeiro. Isto indica que é viável, do ponto de vista financeiro, a aplicação de metodologia semelhante, em processos de diagnóstico e monitoramento de trilhas, tendo em vista a realidade de gestão das Unidades de Conservação brasileiras.

- Para a aplicação futura da metodologia utilizada, tanto nas trilhas do Parque Nacional do Caparaó, quanto nas trilhas de outras Unidades de Conservação, observou-se que os recursos humanos são um fator decisivo. De acordo com os resultados obtidos, ressaltando-se a parte de entrevistas com funcionários do Parque, observou-se que os recursos humanos da brigada PREVFOGO são aplicáveis como força de execução de trabalhos de diagnóstico e monitoramento de trilhas. Ressalta-se que existe necessidade de formação de um corpo de coordenação técnica destes trabalhos, dentro do pessoal da Unidade de Conservação e do ICMBio.

Com base nos estudos efetuados, e resultados obtidos, recomenda-se que sejam efetuadas as seguintes ações de manejo em relação às trilhas, no Parque Nacional do Caparaó:

- Continuidade do monitoramento nas trilhas, com base no acompanhamento dos indicadores: (1) Presença de caminhos alternativos, (2) Variação relativa da área da seção transversal e (3) Variação do grau de floclulação (fator GF).
- Instalação de pontos de monitoramento complementares, para cobrir trechos não estudados, das trilhas de acesso ao Pico da Bandeira, pontos de monitoramento que foram perdidos por ações de vandalismo e outras trilhas, não contempladas neste trabalho. Para o diagnóstico destes pontos recomenda-se a utilização dos indicadores: (1) Mapeamento de declividade, (2) Contextualização da trilha na vertente, (3) Variação absoluta da área da seção transversal, (4) Variação relativa da área da seção transversal e (5) Variação do grau de floclulação (fator GF). Depois da instalação destes pontos, devem ser acompanhados também os indicadores citados no item acima, aplicáveis ao monitoramento das trilhas.
- Formação de um grupo de estudo, monitoramento e manutenção de trilhas do Parque Nacional do Caparaó.
- Realização de capacitação técnica específica, para os funcionários da Unidade de Conservação envolvidos com a concepção e coordenação do manejo das trilhas, centrada no planejamento, implementação, diagnóstico de problemas e monitoramento de trilhas.

- Realização de capacitação específica, para os funcionários da Unidade de Conservação, envolvidos com a dos trabalhos de manejo das trilhas, centrada em técnicas de implementação e manutenção.
- Devido à constatação de um quadro de acentuada alteração ambiental no solo da Trilha 1, e aos impactos específicos causados pela utilização de mulas de carga, recomenda-se a proibição do uso deste serviço no local.
- Recomenda-se, em toda a extensão das Trilhas 1 e 2, a realização de planejamento e implementação de infra-estrutura de drenagem, contenção, transposição, proteção e sinalização, elaboradas para proporcionar maior conforto, segurança para os visitantes e controle das alterações ambientais nas trilhas. Estas intervenções devem ser objeto de projeto específico, tendo como referência Lechner (2005) e outras fontes bibliográficas relacionadas ao planejamento e implementação de trilhas em Unidades de Conservação. Durante os trabalhos devem ser definidos os trechos prioritários para estas intervenções. Segundo este estudo, os locais prioritários para estas ações correspondem às áreas com maiores alterações na Trilha 1, ou seja, os trechos próximos aos pontos de monitoramento P2, P9, P11, P13 e P18/19.

7. Referências bibliográficas

APPALACHIAN MOUNTAIN CLUB. ***AMC's complete guide to trail building and maintenance***. Boston: Appalachian Mountain Club Books, 2008. 263p.

BIRCHARD, W. & PROUDMAN, R. ***Appalachian Trail – Design, Construction and Maintenance***. 2nd. Edition. Harpers Ferry: Appalachian Trail Conference, 2000. 237p.

BIRKBY, R. C. ***Lightly on the Land – The SCA Trail Building and Maintenance Manual***. 2nd. Edition. Seattle: The Mountaineers Books, 2005. 344p.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. **Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais**. Em Tese - Revista Eletrônica dos Pós-graduandos em Sociologia Política da UFCS. Curitiba, Vol. 2, nº 1, p.68-80, 2005.

BUCKMAN, H.O.;BRADY, N.C. ***Natureza e propriedades dos solos***. 2^a ed. Rio de Janeiro, 1968. 594p.

CARMO, V. A. ***A contribuição da etnopedologia para o planejamento das terras: estudo de caso de uma comunidade de agricultores do entorno do PARNA Caparaó*** - Tese apresentada ao Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009, 215p.

CEBALLOS-LASCURÁIN, Héctor. ***Tourism, ecotourism, and protected areas***. The World Conservation Union/Protected Areas Programme. Bellegard, Sadag ed., 1996. 301p.

CIFUENTES, M. A. ***Determinación de Capacidad de Carga Turística em Áreas Protegidas***. CATIE, Série Técnica. Informe Técnico N°.194. Turrialba, 1992.

_____, M. A. et al. ***Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica***. Turrialba, CC.R.: WWF:CATIE, 1999. 75 p.

COLE, D. N. ***Assessing and Monitoring Backcountry Trail Conditions***. Ogden, UT: United States Department of Agriculture - Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1983. 10p.

COLE, D.N.; SPILDIE, D.R. ***Hiker, horse and llama trampling effects on native vegetation in Montana, USA***. Journal of Environmental Management, USA, Vol.53, 61-71, 1998.

COSTA, J.B. ***Caracterização e Constituição do Solo***. 7ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004. 527p.

CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T (org.). ***Geomorfologia do Brasil*** – 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2006. 392p.

DELUCA, T.H.; PATTERSON IV, W.A.; FREIMUND, W.A.; COLE, D.N. ***Influence of Llamas, Horse and Hikers on Soil Erosion from Established Recreation Trails in Western Montana, USA***. New York, Environmental Management, Vol. 22, No. 2, pag. 255-262. 1998.

EMBRAPA. ***Manual de Métodos de Análise de Solo***. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. ***Sistema Brasileiro de Classificação de Solos***. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

GALANTE, M. L. V. et al. ***Roteiro Metodológico de Planejamento – Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica***. Brasília, IBAMA, 2002. 135p. il.

HORIWITZ, C. ***Trilha da Capivara – Parque Nacional de Brasília***. Brasília, Ed. IBAMA, 2000. 56p.

IBDF. ***Plano de Manejo – Parque Nacional do Caparaó***. Brasília: IBDF, 1981. 139p.

IBGE. ***Carta topográfica – folha Cachoeiro de Itapemirim – 1:250.000/ SF-24-V-A***. 1ª impressão. Brasília: IBGE, 1980.

JEWELL, M.C.; HAMMITT, W.E. ***Assessing Soil Erosion on Trails: A Comparison of Techniques***. USDA Forest Service Proceedings, Fort Collins, Vol. 5, p. 133-140, 2000.

JORGE, J. A. ***Física e manejo dos solos tropicais***. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

KUSS, F.R.; GRAEFE, A.R.; VASKE, J.J. ***Visitor impact management***. Washington D.C.: National Parks and Conservation Association, v.1, 1990.

LECHNER, L. ***Planejamento, Implantação e Manejo de Trilhas em Unidades de Conservação***. Cadernos de Conservação - Ano 03, Número 01. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção da Natureza, 2005. 125p.

LIME, D.W. ***Principles of recreational carrying capacity***. USDA. Forest Service. SE Gen. Tecn. Report, (9): 122-34, jun. 1976.

MACKINNON, K. Mackinnon, J. Child, G. Thorsell, J. ***Manejo de Áreas Protegidas em los Trópicos***. UICN, 1990. Gland. Suíça.

MAGRO, T. C. ***Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia*** – Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999. 151p.

MATHEUS, F.S. **Capacidade de Carga e Manejo de Visitantes** – Trabalho de Conclusão de Curso à Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo para obtenção do grau de Bacharel em Turismo. São Paulo, 2003. 90p.

MONIZ, A. C. Coord. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1972. 459p.

MOURA, V. M. A. 2005. **Arquitetura em Unid. de Conservação : Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, MG-** Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG. UFMG, Belo Horizonte – MG.

MOURA, V. M. A.; MORAIS, P. O.; SILVA, F. R. **Análise ambiental de trilha em Gouveia – MG – desenvolvimento inicial de metodologia**. In: I CONGRESSO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS. 2006, Rio de Janeiro. CD ROM.

MMA. 2001. **Plano de Uso Público – Parque Nacional do Caparaó**. Brasília: MMA/IBAMA/DIREC, Sub-Programa de Uso Público – Projeto BRA/00/009 - PNUD, 2001.

_____. 2001. **Plano de Ação para Ecoturismo e Uso Público em Unidades de Conservação – 2ª versão**. Brasília: MMA – Proecotur/ Turismo Verde, 2001. 83p.

ICMBio. **Folder de divulgação do Parque Nacional do Caparaó**. Alto Caparaó: ICMBio, 2009. Disponível em: http://www.ract.com.br/folder_caparao.pdf. Acesso em: 10 jul. 2009.

PICKERING, C. M. HILL, W. **Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia**. Journal of Environmental Management 85 (2007) p.791–800.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1999. 338p.

ROCHA, C.H.B; FONTOURA, L.M. & SIMIQUELI, R. F. ***Proposta de classificação de trilhas em parques através do critério da rampa média: estudo de caso no Circuito das Águas – Ibitipoca / MG.*** In: I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas, UERJ, Rio de Janeiro, 2006.

_____, C.H.B; FONTOURA, L.M.; SIMIQUELI, R. F., PEREIRA, L. O. & ROCHA, D. B. ***Classificação de trilhas através do critério da rampa média: aplicação nos Circuitos das Águas e do Pião - Parque Estadual de Ibitipoca / MG.*** In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, UFRN, Natal, RN, 2007.

SANCHEZ, L.H. ***Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.*** São Paulo: Oficina de textos, 2006. 493p.

SILES, M. F. R. ***Modelagem Espacial para atividades de visitação pública em áreas naturais.*** Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Orient: Prof. Dra. Marisa Dantas Bitencourt. São Paulo, 2003. 134p.

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.320, de 22 de agosto de 2002. 5. ed. aum. Brasília: MMA/ SBF, 2004. 56p.

STANKEY, G.H.; COLE, D.N.; LUCAS, R.C. *et al.* ***The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning.*** General Technical Report INT. USDA. Forest Service, Ogden, n. 176, p.1-37, 1985.

SUMMERFIELD. M. A. ***Global geomorphology.*** Essex: Pearson Education Limited Ed. 1991.

II CONGRESO LATINOAMERICANO DE PARQUES NACIONALES Y OTRAS ÁREAS PROTEGIDAS. Resúmenes ponencias orales – CD Rom. Bariloche, 2007.

CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Anais – Vol. II - Trabalhos Técnicos. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação: Instituto Ambiental do Paraná - IAP, 1997. 803p.

II CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Anais. Campo Grande: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2000.3v.

III CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Anais. Fortaleza: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Associação Caatinga, 2002. 1v.

IV CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, (1.:2004: Curitiba). Anais Vol.1. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 2004.736p.

V CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Anais – Trabalhos Técnicos. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 2007.86p.

I CONGRESSO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS. 2006, Rio de Janeiro. CD ROM.

TAKAHASHI, L.Y. ***Caracterização dos visitantes, suas preferências e percepções e avaliação dos impactos da visitação pública em duas unidades de conservação do Estado do Paraná*** - Tese apresentada ao Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998. 143p.

WILSON, P.J.; SENEY, J.P. ***Erosional Impact of Hikers, Horses, Motorcycles, and Off-Road Bicycles on Mountain Trails in Montana***. Mountain Research and Development. Montana, Vol. 14, No. 1, pg. 77-88, 1994.

Anexo I – Dados de análise das amostras de solo (Laboratório de Geomorfologia – IGC/UFMG)

RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Aluno: Vitor Moura

Data: 07/12/2010

Amostras	% de areia	% de silte	% de argila
BO-01	36,6	35,4	28,0
BO-02	44,6	31,2	24,2
BO-03	41,4	33,0	25,6
BO-04	44,4	32,7	22,9
BO-05	29,9	41,1	29,0
BO-06	56,4	18,6	25,0
BO-07	78,1	14,2	7,7
BO-08	53,6	27,0	19,4
BO-09	25,2	37,1	37,7
BO-10	28,4	34,8	36,8
BO-11	38,8	41,8	19,4
BO-12	41,6	37,7	20,7
BO-13	57,8	25,9	16,3
BO-14	35,0	40,3	24,7
BO-15	28,7	69,9	1,4
BO-16	50,6	33,1	16,3
BO-17	25,0	50,3	24,7
BO-18	28,5	40,6	30,9
BO-19	19,2	47,2	33,6
BO-20	27,9	33,3	38,8
BO-21	19,5	50,8	29,7
BO-22	20,5	53,7	25,8
BO-23	53,7	27,6	18,7
BO-24	54,2	27,2	18,6
BO-25	59,6	25,1	15,3
BO-26	52,4	29,7	17,9
BO-27	41,9	40,6	17,5
BO-28	51,3	22,5	26,2
BO-29	33,0	39,4	27,6
BO-30	41,9	47,3	10,8
BO-31	54,4	28,9	16,7
BO-32	44,4	31,3	24,3
BO-33	40,3	33,0	26,7
BO-34	42,1	29,8	28,1
BO-35	46,6	29,6	23,8
BO-36	78,0	12,7	9,3
BO-37	44,3	35,6	20,1
BO-38	36,4	35,5	28,1
BO-39	40,4	40,3	19,3
BO-40	65,4	19,8	14,8
BO-41	45,2	30,7	24,1

BO-42	44,9	33,2	21,9
BO-43	39,9	37,8	22,3
BO-44	7,9	61,9	30,2
BO-45	57,8	26,2	16,0
BO-46	75,1	18,5	6,4
BO-47	53,2	28,6	18,2
BO-48	8,8	68,6	22,6
BO-49	45,1	29,1	25,8
BO-50	48,7	26,3	25,0
BO-51	18,6	63,8	17,6
BO-52	33,8	36,5	29,7
BO-53	51,7	34,0	14,3
BO-54	60,7	23,4	15,9
BO-55	43,0	36,1	20,9
BO-56	56,6	25,2	18,2
BO-57	56,6	26,1	17,3
BO-58	45,9	32,0	22,1

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ARGILA DISPERSA EM ÁGUA

Aluno: Vitor Moura

Data: 15/12/2010

Amostras	% de argila
BO-01	1,7
BO-02	4,2
BO-03	5,6
BO-04	0,9
BO-05	9,2
BO-06	7,2
BO-07	3,7
BO-08	1,1
BO-09	1,0
BO-10	11,1
BO-11	0,3
BO-12	5,4
BO-13	4,3
BO-14	6,2
BO-15	0,6
BO-16	6,1
BO-17	10,4
BO-18	7,6
BO-19	1,8
BO-20	4,7
BO-21	2,1
BO-22	7,5
BO-23	2,9
BO-24	5,5
BO-25	2,9
BO-26	0,6
BO-27	13,9
BO-28	0,7
BO-29	6,5
BO-30	8,7
BO-31	0,2
BO-32	0,6
BO-33	1,6
BO-34	2,5
BO-35	3,8
BO-36	3,6
BO-37	2,9
BO-38	4,4
BO-39	2,7
BO-40	2,7
BO-41	1,2
BO-42	4,0

BO-43	0,3
BO-44	11,3
BO-45	3,8
BO-46	4,4
BO-47	0,8
BO-48	0,8
BO-49	2,5
BO-50	1,3
BO-51	6,7
BO-52	20,3
BO-53	6,4
BO-54	5,6
BO-55	4,6
BO-56	0,6
BO-57	0,4
BO-58	0,4