

Nº 179592

Manual de recuperação de trilhas: mitigação de riscos e segurança

Mariana Horletani Carneseca Longo

Marcelo Fischer Gramani

Luís Fernando de Castro Campanha

Publicação IPT 3071. 82p.

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br



MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE TRILHAS: MITIGAÇÃO DE RISCOS E SEGURANÇA

2025



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE TRILHAS: MITIGAÇÃO DE RISCOS E SEGURANÇA

São Paulo, 2025

Coordenação

Mariana Hortelani Carneseca

Autores

Mariana Hortelani Carneseca

Marcelo Fischer Gramani

Luís Fernando de Castro Campanha

Financiamento:

Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos (FID)

Secretaria de Justiça e Cidadania do Estado de São Paulo



FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Carneseca, Mariana Hortelani

Manual de recuperação de trilhas [livro eletrônico] : mitigação de riscos e segurança / Mariana Hortelani Carneseca, Marcelo Fischer Gramani, Luís Fernando de Castro Campanha ; coordenação Mariana Hortelani Carneseca. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos - FID, 2025. -- (IPT Publicação ; 3071)

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-5702-043-2

1. Geologia ambiental 2. Hidrologia 3. Meio ambiente - Acidentes 4. Trilhas - Guias I. Gramani, Marcelo Fischer. II. Campanha, Luís Fernando de Castro. III. Carneseca, Mariana Hortelani. IV. Título. V. Série.

25-251887

CDD-553

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia e meio ambiente 553

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

CRÉDITOS TÉCNICOS E INSTITUCIONAIS

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

DIRETOR PRESIDENTE DO IPT

Anderson Ribeiro Correia

DIRETORA DE ESTRATÉGIA E RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

Natalia Neto Pereira Cerize

DIRETOR DE OPERAÇÕES

Adriano Marim de Oliveira

DIRETOR FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO

Fabiano Albuquerque de Moraes

DIRETOR DE NOVOS NEGÓCIOS, INOVAÇÃO E IPT OPEN

Levi Pompermayer Machado

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE – CIMA

DIRETOR TÉCNICO

Fabricio Araujo Mirandola

*Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos,
Saneamento e Florestas - SPRSF*

GERENTE TÉCNICA

Priscila Ikematsu

Mestra Bióloga **Mariana Hortelani Carneseca**

Mestre Tecnólogo Civil **Claudio Luiz Ridente Gomes**

Mestre Geógrafo **Luiz Gustavo Faccini**

Mestre Geógrafa **Priscilla Moreira Argentin**

*Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento
Ambiental - SIRGA*

GERENTE TÉCNICA

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco

Mestre Geólogo **Marcelo Fischer Gramani**

Geóloga **Juliana Sabrina da Conceição Silva**

Técnico **José Carlos Cardoso**

Apoio administrativo

Rosângela Aparecida Carelli Correia – Secretária

Susi Ferreira - Supervisora Administrativa

HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES – HE

DIRETOR TÉCNICO

Luciana Alves de Oliveira

*Laboratório de Tecnologia e Desempenho de Sistemas
Construtivos - LTDC*

GERENTE TÉCNICO

Júlio César Sabadini de Souza

Mestre Ecóloga **Ligia Ferrari Torella di Romagnano**

Doutor Engenheiro Civil **Takashi Yojo**

ENERGIA

DIRETOR TÉCNICO

João Carlos Savio Cordeiro

Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética - LBE

GERENTE TÉCNICA

Adriana Garcia

Doutora Engenheira Florestal

Ana Paula de Souza Silva

COLABORADORES

Ecólogo **Luís Fernando de Castro Campanha** - BK

Engenheira Civil **Giselle de Oliveira Almeida** - BK

Engenheiro Civil **Leonardo de Freitas** - Competitividade

AGRADECIMENTOS

Geólogo **Geraldo Figueiredo Carvalho Gama Junior**

Bióloga **Maria Lucia Solera**

Bióloga **Gabrielle Naomi Imai Aldeia**

Engenheira Florestal **Caroline Almeida Souza**

Estagiários: **Bruno Gonçalves de Paula, Gabriel Queiroz**

de Souza, Sarah Batista Nunes e Wesley dos Santos Silva

Fundação Florestal: **Lafaiete Alarcon, Diego Hernandez,**

Daniel Raimondo, Christian Gama,

Patricia Cristiane Camargo Rodrigues

e Leo Ramos Malagoli

Prefeitura de Santo André: **Leandro Wada, Ingo**

Grantsau e Glaucia Cardoso

Hospedaria Os Memorialistas: **Zélia Paralego, Pedro e**

Priscila Paralego

Associação de Monitores Ambientais e Culturais de

Paranapiacaba (AMA)

Hércules Henriques Soares (Spiff)

Paulo Zanettini e equipe da **Zanettini Arqueologia**

Equipe da **Tectom Soluções Verticais**

PROJETO GRÁFICO E DESIGN

Thapcom

SIGLAS E ACRÔNIMOS

cm – Centímetro

COMDEPHAAPASA – Conselho Municipal do Patrimônio Histórico, Artístico, Arquitetônico-Urbanístico e Paisagístico de Santo André

CONDEPHAAT – Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo

FEMERJ – Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro

FID – Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos

GPS – Sistema de Posicionamento Global

h – Hora

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

km – Quilometro

m – Metro

mm – Milimetro

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

N.A. – Nível de água

NBR – Normas Brasileiras Regulamentadoras

PAE – Plano de Ação de Emergência

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

UC – Unidade de Conservação.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. CONTEXTUALIZANDO TRILHAS	14
2.1 Planejando trilhas	15
2.2 Operando trilhas	22
2.3 Recuperando trilhas	24
3. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS	26
3.1 Aspectos do relevo	29
3.2 Aspectos da geologia	32
3.3 A água como agente deflagrador	35
4. PROCESSOS DO MEIO FÍSICO	36
4.1 Processos erosivos	37
4.2 Movimentos gravitacionais de massa	39
4.3 Enxurrada	44
4.4 Queda de árvores	45
4.5 Cenários de risco na Serra do Mar	49
5. INTERVENÇÕES	51
5.1. Mobilidade	53
5.2. Drenagem	56
5.4. Travessias e transposições	59
5.5. Mirantes	62
6. AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO	64
7. ORIENTAÇÕES PARA USO PÚBLICO DE TRILHAS	73
7.1 Como utilizar as trilhas: procedimentos de uso	74
7.2 Segurança: o que observar	75
7.3 Ação Emergencial	76
REFERÊNCIAS	80

APRE SEN TAÇÃO

ESTE MANUAL PREOCUPA-SE, ESSENCIALMENTE, COM OS FENÔMENOS NATURAIS E PROBLEMAS QUE OCORREM EM ÁREAS SERRANAS E SUA INTERAÇÃO COM CAMINHOS E TRILHAS QUE CRUZAM OS MAIS DISTINTOS CENÁRIOS, DE MODO A COMPREENDER OS RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS DESTES AMBIENTES, PROCURAR ANTECIPAR EVENTOS E PREVENIR ACIDENTES. ADICIONALMENTE, PROCURA APRESENTAR SOLUÇÕES ESTRUTURAIS QUE POSSAM TORNAR ESTAS TRILHAS MAIS ACESSÍVEIS E SEGURAS.



O objetivo é divulgar um documento que reúna informações básicas e que busque ações orientativas para a prevenção dos riscos em trilhas serranas, com destaque para aqueles associados a processos geológicos, hidrológicos e meteorológicos. Se enquadram nestes processos os escorregamentos, as enxurradas, chuvas intensas, cabeça d'água, neblinas e queda de árvores.

Informar e qualificar os monitores e o poder público gestor das áreas, manter um cadastro dos problemas encontrados para acompanhar a dinâmica do ambiente serrano e apresentar as intervenções estruturais executadas nas trilhas são também objetivos deste Manual.

O Manual foi elaborado a partir da experiência adquirida no âmbito do projeto “Recuperação da Trilha da Pedra Lisa em Paranapiacaba, Santo André, SP”, executado pelo IPT, em convênio com a Fundação Florestal e com o Fundo Estadual de Defesa de



Interesses Difusos (FID) e parceria com a Prefeitura de Santo André, que focou, dentre outros aspectos: (i) a concepção e a elaboração de um Plano de Recuperação de trilhas que estão inseridas no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Núcleo Itutinga-Pilões e (ii) o gerenciamento da sua implantação a partir do diagnóstico e de setorização de todos os trechos ao longo de seu percurso.

Este Plano de Recuperação contemplou estudos arqueológicos, a possibilidade de adequação do traçado existente, a estabilização dos processos de movimento de massa, a recuperação das áreas degradadas e da cobertura vegetal, e a execução de medidas estruturais não convencionais visando sua reabertura para visitação pública.

Procurou-se, assim, apresentar no **Capítulo 1** informações gerais sobre desastres e acidentes em ambientes que apresentam topografias acidentadas, e como esses eventos motivaram o desenvolvimento do refe-

rido projeto. O **Capítulo 2** apresenta informações básicas sobre o contexto das trilhas fazendo breves considerações a respeito dos tipos, locais e classificação, visto que há densa bibliografia publicada abarcando estes temas. Os aspectos relacionados ao relevo, aos domínios geológicos e geomorfológicos são abordados no **Capítulo 3**, bem como um breve contexto sobre a estruturação das trilhas e formas de acessos. No **Capítulo 4** são apresentados alguns processos do meio físico que podem provocar danos e impactos às trilhas e aos usuários. Erosão e movimentos de massa (escorregamentos, corridas, rastejos e movimentações de rocha) são descritos no intuito de apresentar estes fenômenos naturais. Procurou-se no **Capítulo 5** apresentar os tipos de intervenções executadas em trilhas e que garantam a segurança, o conforto e a manutenção destas trilhas. Todo e qualquer estrutura física e ambiente natural requer manutenção e monitoramento e, neste sentido, são apresentados no **Capítulo 6** sugestões de monitoramento nestes ambientes de trilhas. O manual é finalizado, no **Capítulo 7**, com algumas orientações sobre a utilização das trilhas e procedimentos de segurança.

Temas específicos, igualmente relevantes, tais como escolha de traçados, forma de construção destes caminhos e a legalidade das trilhas, não serão tratados neste Manual, merecendo uma abordagem mais detalhada.

Espera-se que o presente Manual atinja as pessoas e entidades que de alguma forma se conectem com trilhas, desde o Poder Público até os turistas e visitantes, no intuito de garantir acesso seguro, permitir a gestão e a conservação dos ambientes. Desta forma, seu conteúdo não se destina exclusivamente à condução das Trilhas do Núcleo Itutinga-Pilões, mas almeja-se que possa servir como instrução e orientação no uso de qualquer trilha com características semelhantes.

Boa leitura!



INTRODUÇÃO

**AMBIENTE SERRANO E O REFLEXO NAS ATIVIDADES
ASSOCIADAS AO USO PÚBLICO DE TRILHAS**

No Brasil registros de acidentes ou desastres de origem geológica em áreas serranas remontam ao século XIX!

Os escorregamentos na Serra do Mar, associados às chuvas tropicais, já haviam sido observados por Martim Francisco Ribeiro de Andrade, em 1805, próximo a Cananeia (SP), descrevendo em seu diário: *“e não há imenso tempo, com as grandes chuvas desabaram porções das serras, que vieram a entulhar o rio das Minas e o ribeirão de Mandira, arrasando consigo enormes madeiras com grandes prejuízos dos moradores... julgando nisto um castigo visível da mão divina”* (Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998 – o grifo é nosso). Esses registros relatam as perigosas ocorrências de fenômenos naturais em ambientes que apresentam topografias acidentadas e que, de certa forma, estão próximas a caminhos e trilhas para áreas turísticas e de interesse educacional.

Eventos trágicos em regiões serranas no Brasil têm recorrência, costumeiramente associados à intensa pluviosidade, como foram os desastres em Caraguatatuba (1967), Petrópolis e Teresópolis (2011) e Bertioga e São Sebastião (2023). Porém, os riscos geológicos em áreas turísticas ganharam especial repercussão nos anos de 2021 e 2022, nacional e internacionalmente, devido aos graves e surpreendentes acidentes que ocorreram em algumas áreas. O compartilhamento de imagens e vídeos dos processos, quase que em tempo real, mostrou o impacto, a velocidade e a dimensão que alguns fenômenos naturais podem apresentar. No Brasil, os acidentes em áreas turísticas ocorridos na Gruta Das Bocas em Altinópolis (SP, em 2021) e a queda de paredão de rocha no lago de Capitólio (MG, em 2022) ganharam repercussão devido ao número de vítimas e, de certa forma, pela surpreendente ocorrência e danos associados.

A identificação e análise de diferentes cenários em um ambiente natural é a primeira etapa de um processo de gestão dos riscos ambientais. Essas ações poderão permitir um preparo maior para atuar em determinados problemas e a possibilidade de executar ações que permitam antecipar os acidentes, visto que a segurança é o foco.

Ao avaliar o histórico de acidentes de origem geológica, que normalmente ocorrem em pontos turísticos, os principais atrativos que oferecerem riscos podem ser assim listados: grutas, cavernas e cavidades; cachoeiras e quedas d'água; drenagens, riachos, córregos e arroios; paredões rochosos; cânions; falésias; costões; e trilhas nas regiões serranas.

Acidentes relacionados às atividades dos praticantes de caminhadas (trekking) em trilhas são muito comuns. São acidentes que envolvem a desatenção, imprudência e cansaço, gerando tropeços, escorregões, arranhões, quedas, torções, bem como falta de manutenção de estruturas ou seu mal planejamento, causando deslocamentos ou quebra das estruturas, acelerando o desgaste ou apodrecimento dos materiais. Há também os acidentes de ordem natural, como cabeças d'água, enxurradas, escorregamentos e erosões.

Apesar do histórico recorrente de acidentes, somente no ano de 2012 é que se institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, estabelecida por meio da Lei 12.608, a qual prevê que as ações de proteção e defesa civil sejam organizadas pelas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A princípio

voltada para a ocupação de áreas de risco urbanas, há uma série de artigos e diretrizes que citam as obrigações relacionadas a gestão dos riscos. O Artigo 5, por exemplo, lista uma série de quinze objetivos e aqui se destaca o XII “promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidade e vulnerabilidades a desastres”. Sendo assim, cabe ao Poder Público o controle e a gestão de trilhas em Unidades de Conservação, a partir da identificação e análise de todas as possibilidades de acidentes possibilitando por meio destes diagnósticos, propor ações mitigadoras. Vale ressaltar que as trilhas situadas em Unidades de Conservação submetem-se às normas definidas no Plano de Manejo das mesmas e às diretrizes dos respectivos órgãos gestores.

O IPT tem como uma das missões buscar a qualidade de vida da sociedade e neste contexto procura identificar e propor medidas para a prevenção de acidentes associados a eventos climáticos comuns em determinadas épocas do ano. A grande maioria dos trabalhos realizados tem como objetivo o mapeamento de áreas urbanas em assentamentos precários e muito vulneráveis ao impacto de eventos adversos. Outros estudos, voltados para garantir a segurança da infraestrutura do estado de São Paulo, tais como rodovias, ferrovias e dutovias que cruzam regiões serranas, permitiram acumular rica experiência no tema. Com toda esta experiência é possível aplicar e adaptar metodologias na avaliação de trilhas e caminhos em trechos serranos.

Desde que os traçados das trilhas sejam executados dentro de moldes técnicos adequados e aceitáveis, sendo identificados os perigos e ameaças locais e haja possibilidade de estabelecer procedimentos que garantam a segurança de todos, não se verificam impedimentos ou restrições ao acesso e uso público em ambientes naturais, semelhantes aos encontrados no domínio geológico e geomorfológico da Serra do Mar.

O PROJETO: RECUPERAÇÃO DA TRILHA DA PEDRA LISA EM PARANAPIACABA, SP.

A Vila de Paranapiacaba, pertencente ao município de Santo André, é um pequeno vilarejo rodeado pela Mata Atlântica que preserva grande acervo histórico-cultural, arquitetônico, industrial, tecnológico e ambiental, e seu patrimônio é tombado pelo CONDEPHAAT, desde 1987; pelo IPHAN, desde 2002; e pelo COMDEPHAAPASA, desde 2003. Além disso, a Vila está na lista da UNESCO para ser reconhecida como Patrimônio da Humanidade, o que faz de Paranapiacaba um importante destino turístico, principalmente nas atividades de ecoturismo e histórico-cultural.

Em 2003, após o registro de alguns acidentes nas trilhas na região de Paranapiacaba, incluindo vítimas fatais, foi interditada a Trilha da Pedra Lisa ou Trilha do Zigue-Zague que fica no Núcleo Itutinga Pilões do Parque Estadual da Serra do Mar.

Por estes motivos, a partir de 2009 a Fundação Florestal e o IPT iniciaram o diálogo para elaborar um projeto objetivando investigar e propor medidas de estabilização dos processos de movimento de massa, a recuperação das áreas degradadas e da cobertura vegetal, execução de medidas estruturais não convencionais para adequação dos trajetos, garantindo maior segurança no percurso, visando sua reabertura para visitação pública.

Em 2018, com financiamento do Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos (FID) da Secretaria de Justiça e Cidadania do Estado de São Paulo e com recursos advindos do Ministério Público – Promotoria de Justiça de Santos, um amplo e complexo estudo teve início, incluindo o levantamento e identificação de registros arqueológicos, por se tratar de uma região de ocupação antiga e grande importância econômica no desenvolvimento do Estado de São Paulo. Foi realizado um inventário dos aspectos físico,

biológicos e fatores de degradação mais significativos, que poderiam ser responsáveis pelo aprofundamento de riscos ao uso turístico e danos ambientais. A partir dos resultados obtidos foi possível traçar um plano de intervenção que atendesse às necessidades do local, sem alterar as características do percurso, e mantendo o acesso aos seus elementos históricos, culturais e ambientais tão importantes.

O Plano de Recuperação do complexo de trilhas em Paranapiacaba, que engloba três trilhas – do Mirante, da Cachoeira Escondida e da Pedra Lisa – teve envolvimento e participação da população local, por meio de oficinas consultivas e de cursos de capacitação para os guias e monitores ambientais.

Em 2024 foram entregues, aproximadamente, seis quilômetros de caminho recuperado e trilhas estruturadas com bancos e placas de sinalização, que serão administradas pelos gestores dos parques e pelos guias e monitores ambientais que conduzem a visitação pública. Para auxiliar a manutenção e monitoramento das estruturas implantadas, bem como a gestão do risco da visitação pública em ambiente do contexto serrano, a elaboração desse Manual também foi escopo e objetivo do projeto.

A **Figura 1** exibe as principais etapas e atividades desenvolvidas ao longo do projeto de recuperação das três trilhas e que nortearam o conteúdo técnico para elaboração deste Manual.



FIGURA 1. Principais etapas do projeto “Recuperação da trilha da Pedra Lisa, em Paranapiacaba-SP”.



Trilha do Mirante

Extensão total (m) **2.400**

A Trilha do Mirante é um percurso conhecido pela facilidade de caminhada e por permitir acesso à natureza exuberante do Parque Estadual da Serra do Mar. É uma rota que leva os visitantes a um mirante e proporciona uma das mais belas vistas da densa floresta nas escarpas serranas, parte da Baixada Santista e o complexo do Polo Industrial de Cubatão.

Trilha da Cachoeira Escondida

Extensão total (m) **5.300**

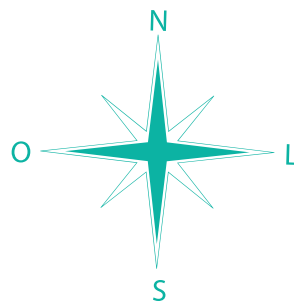
A Trilha da Cachoeira Escondida é uma rota que leva os visitantes a uma queda d'água situada no meio à densa vegetação da Serra do Mar. A caminhada passa por trechos de rios e exuberante floresta proporcionando contato direto com a natureza. No local, uma piscina natural possibilita um banho e todo esforço é recompensado.

Trilha da Pedra Lisa

Extensão total (m) **6.000**

A Trilha da Pedra Lisa permite um resgate cultural da intensa atividade dos carvoeiros recortando as encostas da Serra do Mar. Seu principal atrativo natural é a travessia de um rio que escavou a rocha tornando a passagem muito escorregadia! A trilha, em forte desnível, requer boa condição física.





- ATRATIVO HISTÓRICO-CULTURAL
- ◆ ATRATIVO NATURAL
- ★ DESTINO FINAL DAS TRILHAS
- ▲ PONTOS DE REFERÊNCIA
- TRILHA DO MIRANTE
- TRILHA DA CACHOEIRA ESCONDIDA
- TRILHA DA PEDRA LISA
- 🦋 AVES/ OBSERVAÇÃO DE FAUNA
- 🏛️ HISTÓRICO-CULTURAL
- 🚪 PORTARIA/ BASE DE FISCALIZAÇÃO
- 🌳 VEGETAÇÃO/ OBSERVAÇÃO DE FLORA
- 🏠 VILA DE PARANAPIACABA/ CENTRO DE VISITANTES



CONTEXTUALIZANDO TRILHAS

**UM BOM DIAGNÓSTICO SERÁ A BASE
PARA UMA BOA TRILHA**

As trilhas, veredas, picadas e outras formas de caminhos são importantes rotas de conexão entre cidades, pontos turísticos, localidades, atrativos, que proporcionam muitas funções que passam pela saúde física e mental das pessoas. Trilhas turísticas são projetadas para conectar e dar oportunidade para as pessoas compreenderem melhor o meio ambiente, valorizar recursos e belezas naturais da nossa fauna e flora, ter contato direto com paisagens únicas, com a cultura e história de localidades, despertar o espírito de aventura e ter a satisfação de desenvolver atividades que fogem a rotina do dia-a-dia urbano permitindo que os visitantes explorem e apreciem os diferentes ecossistemas.

Evidentemente, todas as funções previstas ao se propor uma trilha em determinada localidade, seja num ambiente litorâneo, seja nas encostas íngremes de montanhas, só serão atingidas se estes caminhos forem planejados e projetados para serem menos impactantes ao meio e para trazer um certo conforto e segurança para os visitantes.

O processo de implantação e manejo de uma trilha turística pode ser dividido em três grandes etapas: Planejamento – design da trilha e plano de sinalização; Implantação – gestão e operação; Recuperação – manutenção e correção.

Existem diversos guias e manuais orientativos que abordam essa temática, especialmente relacionados às duas primeiras etapas. Neste capítulo iremos apresentar os principais tópicos e destacar algumas publicações, nacionais e internacionais, que poderão ser consultadas caso haja necessidade e interesse em se aprofundar em algum conteúdo.

2.1 PLANEJANDO TRILHAS

O planejamento e estabelecimento de trilhas é uma atividade técnica, exigindo treinamento especializado e acesso a conhecimentos específicos. Para a construção de uma nova trilha ou adaptação de uma já existente, é importante

destacar três questões que deverão ser observadas e consideradas no planejamento: A trilha está caracterizada com um bom inventário? Quais são as condições atuais da trilha? Quais são os cenários de risco e áreas com problemas?

O planejamento de trilhas deve levar em consideração fatores como variação climática, em função das estações do ano; informações técnicas (levantamentos, mapas, fotografias, etc.) disponíveis sobre a região; a estimativa de volume de uso futuro; e as características de drenagem, solo, vegetação, habitat, topografia, uso e exequibilidade do projeto. Características históricas e culturais devem ser pesquisadas e ressaltadas, a fim de otimizar as informações e dar dimensão educacional às trilhas.

O ICMBio adota para intervenções de planejamento e manejo de trilhas os princípios desenvolvidos pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos e também utilizados por várias agências ambientais em todo o mundo. Segundo esta metodologia, adaptada pelo ICMBio à realidade nacional, alguns conceitos são utilizados para caracterizar uma determinada trilha ou segmento de trilha, a saber:

- **Tipo da trilha:** Corresponde à superfície predominante da trilha. Para a realidade brasileira há duas possibilidades de tipo de trilha: Trilha terrestre - trilha cuja superfície é constituída predominantemente de solo e/ou substrato rochoso e que é projetada e manejada para atividades sobre essas superfícies; Trilha aquática - trilha cuja superfície é constituída predominantemente de água (mas pode incluir trechos terrestres) e que é projetada e manejada para acomodar a utilização nessa superfície (roteiros subaquáticos utilizados em atividades de mergulho, também chamados de trilhas subaquáticas, se enquadraram neste tipo de trilha).



- **Classe da trilha:** Representa o grau de desenvolvimento para uma trilha ou segmento de trilha, dentro de uma escala que vai da classe mais selvagem àquela com maiores níveis de intervenção (ou mais desenvolvida). O gradiente de desenvolvimento sugerido pelas classes de trilha tem correspondência à experiência que se deseja proporcionar aos visitantes, aos limites de intervenção possíveis e a eventuais normas de manejo. Há cinco classes de trilha: Trilha classe 1: Mínima intervenção; Trilha classe 2: Muito baixa intervenção; Trilha classe 3: Baixa intervenção; Trilha classe 4: Média intervenção; e Trilha classe 5: Alta intervenção.

- **Usos possíveis:** Os usos (ou modos de viagem) possíveis de uma trilha estão diretamente relacionados ao tipo e à classe da trilha. Os usos permitidos em uma trilha são um subconjunto dos usos manejados (usos viabilizados pelo projeto da trilha, ou seja, correspondem a todos aqueles usos para os quais a trilha foi ativamente proposta) e projetados (uso identificado em uma trilha ou segmento de trilha que demanda projeto e parâmetros de construção mais exigentes e restritivos). São exemplos de usos possíveis: caminhada, ciclismo, cavalgada e corrida de aventura.

- **Parâmetros de projeto:** Correspondem às diretrizes técnicas para o projeto, construção e manutenção de trilhas. Com base nos usos possíveis e classe da trilha, os parâmetros de projetos estabelecem de forma objetiva os critérios físicos principais para a construção da trilha. São eles: largura do piso da trilha; tamanho e frequência dos obstáculos presentes; declividade da trilha (declividade média e declividade máxima); inclinação lateral máxima; menor raio de curvatura admissível; e largura e a altura do corredor da trilha.

Com o uso destes conceitos, é possível registrar de maneira consistente e comunicar com clareza a intenção de manejo pretendido

para a trilha, bem como as diretrizes para orientar o seu projeto, construção e manutenção.

Classificação – Natureza das trilhas:

As trilhas podem ser classificadas de diversas formas. Dentre os parâmetros estabelecidos para uma classificação básica tem-se o grau de dificuldade, a forma, a função, finalidade e a distância como essenciais para fazer a diferenciação entre elas.

Os sistemas de classificação muitas vezes são distintos e incompatíveis entre si, pois foram concebidos para diferentes contextos. A complexidade aumenta ainda decorrente do fato de que a classificação pode estar associada tanto a trilha quanto à atividade desenvolvida. Uma mesma trilha, por exemplo, pode ter classificação diferente segundo o ponto de vista de um pedestre ou de um ciclista.

Na literatura encontramos distintas proposições de classificação de trilhas, oficiais e não oficiais, que expressam a experiência de grupos, de instituições e de empresas. A Norma Técnica NBR 15505-2 busca normatizar e tratar deste tema, que normalmente apresenta problemas de interpretação, e estabelece uma classificação com base em quatro critérios:

a) severidade do meio: refere-se aos perigos e outras dificuldades decorrentes do meio natural, como temperatura, pluviosidade, riscos de quedas, facilidade de resgate, entre outros, que podem ser encontrados ao longo do percurso;

b) orientação no percurso: refere-se ao grau de dificuldade para orientação, como presença de sinalização, trilhas bem marcadas, presença de pontos de referência, entre outros, para completar o percurso;

c) condições do terreno: refere-se aos aspectos encontrados no percurso em relação ao piso e às condições para percorrê-lo, como tipos de pisos, trechos com obstáculos, trechos com pedras soltas, entre outros;

d) intensidade de esforço físico: refere-se à quantidade de esforço físico requerido para cumprir o percurso, levando em conta extensão e desníveis (subidas e descidas), considerando um cliente comum (pessoa adulta, não-esportista e com bagagem leve).

De maneira geral, as classificações que apresentam estes quatro critérios são mais aceitáveis, pois apresentam descrições bem detalhadas de cada parâmetro e permitem que os frequentadores avaliem se possuem condições físicas, equipamentos, tempo e interesse em realizar os trajetos.

Em muitas sinalizações de guias, placas e folders, as trilhas são também classificadas quanto:

Forma: circular (oferece a possibilidade de se voltar ao ponto de partida sem repetir o percurso ou cruzar com outros visitantes), oito (aumentam a possibilidade de uso destes espaços), linear (o formato de trilha mais simples e comum sendo que o caminho de volta é igual ao de ida, e há possibilidade de se cruzar outros visitantes), atalho (seu início e fim estão em diferentes pontos de uma trilha ou caminhos principais) (**Figura 2**);

Função: vigilância, serviços, turismo, acesso, travessia, interpretativa, recreativa, educativa, dentre outras;

Recurso de interpretação ambiental: guiada (monitorada) e autoguiada;

Distância: ex.1 - curta (até 2.500 m), média (2.500 – 5.000 m) e longa (> 5.000 m) e ex.2 curta (até 500 m), média (500 – 1500 m) e longa (> 1500 m);

Declividade do terreno: ascendentes, descendentes, irregulares; e

Dificuldade: esse tipo de classificação é subjetivo, pois independentemente da presença de acidentes geográficos, de desníveis de altitude e da qualidade topográfica do terreno, o grau de dificuldade varia de pessoa para pessoa, dependendo do condicionamento físico. A classificação do grau de dificuldade de trilhas é distinta para trilhas guiadas e trilhas autoguiadas:

- **Quanto à intensidade:** Leve; Regular; Semi-pesada
- **Quanto ao nível técnico:** 1 - Fácil; 2 - Com obstáculos naturais; 3 - Exige habilidade específica; 4 - Grande condicionamento físico.

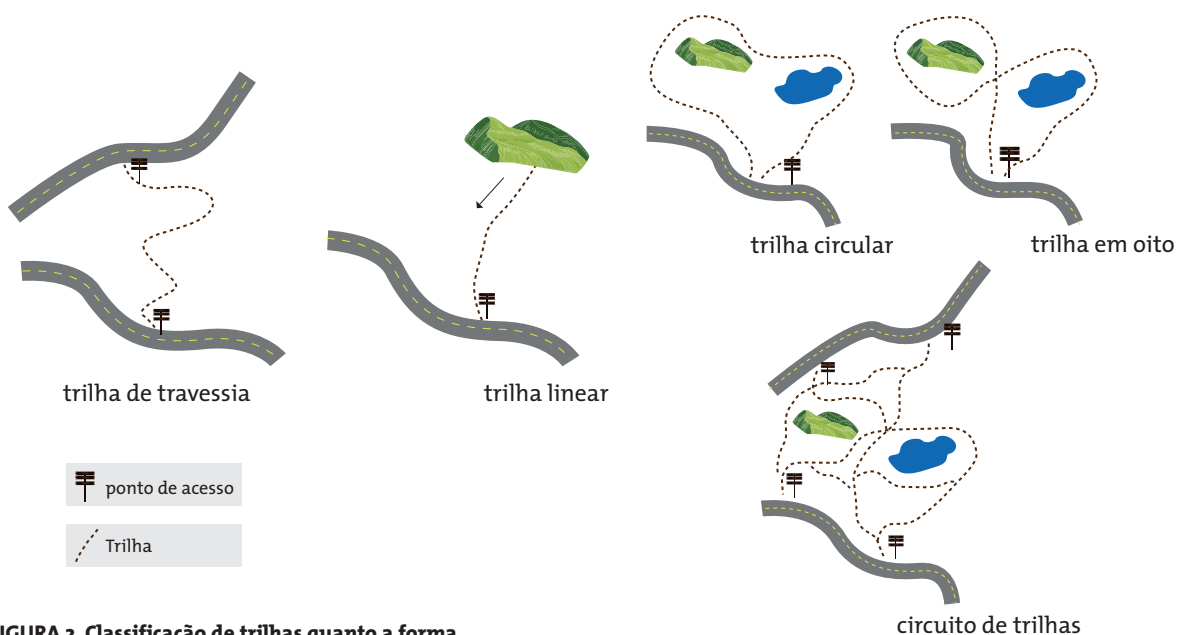


FIGURA 2. Classificação de trilhas quanto a forma.

		MIRANTE	CACHOEIRA ESCONDIDA	PEDRA LISA
Atividade		Caminhada - trekking e contemplação	Caminhada - trekking e contemplação	Caminhada – trekking
Extensão		1.200 m	2.650 m	3.000 m
Amplitude		30 m	206 m	320 m
Níveis de dificuldade	Severidade do meio	Nível 3 Severo	Nível 3 Severo	Nível 3 Severo
	Orientação no percurso	Nível 1 Caminhos e cruzamentos bem definidos	Nível 2 Caminho ou sinalização que indica continuidade	Nível 2 Caminho ou sinalização que indica continuidade
	Condições do terreno	Nível 2 Percurso por caminhos sem obstáculos	Nível 3 Percurso por trilhas escalonadas ou terrenos irregulares	Nível 3 Percurso por trilhas escalonadas ou terrenos irregulares
	Intensidade de esforço físico	Nível 1 Pouco esforço	Nível 2 Esforço moderado	Nível 3 Esforço intenso
Condições específicas		Exige acompanhamento de monitor	Exige acompanhamento de monitor Trechos encharcados em época de chuva	Exige acompanhamento de monitor Trechos encharcados em época de chuva e com obstáculos ou degraus, de tamanho, altura e inclinação diferentes.
Atrativos	Histórico – cultural	Pavimento	Pavimento	Pátio: antiga área de produção e acampamento
		Ruína de Ponte	Forno de encosta	Fornos
		Ruínas: habitação, base da antena da TV Tupi	Pontes / pinguelas	Zigue-zague
	Natural	Pedra do índio	Travessia de cursos d'água	Pedra Lisa
		Mirante - topo da "Grotta Funda"	Floresta exuberante Cachoeira Escondida	Piscina natural

Exemplo de ficha de caracterização de trilhas



Levantamento da trilha:

O traçado de uma trilha pode ser considerado como uma “obra de engenharia”. A escolha do traçado deverá seguir parâmetros topográficos, geométricos e geológicos, considerando a fauna, flora e os recursos hídricos, interferindo no menor grau possível nos terrenos, minimizando impactos e a necessidade de manutenções frequentes.

Uma vez definido o traçado, deve-se realizar o levantamento da trilha, ou seja, a medição de diversas variáveis para toda a extensão da trilha, como a metragem (extensão), direção, declividade e outras observações importantes. Os resultados do levantamento podem, por vezes, levar à necessidade de alteração do traçado da trilha.

Para a caracterização dos aspectos biofísicos do trajeto da trilha pode ser necessário criar um método de setorização da trilha em trechos, para auxiliar na coleta dos dados em campo e na sistematização das informações. A setorização consiste na divisão do trajeto em segmentos (setores) que apresentam condições biofísicas semelhantes.

A delimitação dos setores, com a definição dos pontos de início-fim, pode ser de acordo com: (1) mudança significativa de declividade; (2) alterações no entorno imediato do traçado, sendo elas: variação da vegetação predominante; características do meio físico (geomorfologia e pedologia); rupturas de talude; movimentos de massa; (3) pontos principais, como bifurcação, cruzamento de drenagens, atrativos naturais e culturais e, (4) quando houvesse mudança significativa na direção do traçado - o ponto subsequente não fosse visível.

Com o intuito de caracterizar os aspectos biofísicos dos traçados, em cada setor poderão ser levantadas em campo e registradas em fichas, as seguintes informações:

- **Coordenadas iniciais e finais:** os pontos extremos de cada setor, com o uso de aparelho de GPS (Global Positioning System);
- **Percurso:** registrar as seguintes informações:
 - **Extensão:** trata-se da distância entre os pontos inicial e final de cada setor, medida com auxílio de trenas de 30 e 50 metros. Conhecer a extensão do setor é importante para estimar a extensão total da trilha, bem como para registrar características específicas do percurso;
 - **Condição horizontal predominante do percurso:** retilíneo, curvilíneo ou com curva acentuada;
 - **Inclinação média:** medida com auxílio de trena digital e clinômetro;
 - **Condição topográfica predominante do percurso:** plano, acline, declive ou misto.

- **Passeio:** registrar as seguintes características da área atualmente utilizada (largura atual) e da área com potencial para utilização (largura potencial):

- **Largura atual e potencial do passeio:** medidas com auxílio de trena;

- **Condição predominante do passeio:** registro se o caminho é plano, sem interferência; presença de pontos de encharcamento; passeio rebaixado em relação ao nível original; presença de blocos centímetros soltos; presença de blocos decimétricos soltos; indícios do calçamento original; ocorrência de sulco erosivo central; ocorrência de degrau expressivo, formado por raízes expostas e/ou blocos; cruzamento de drenagem; árvores tombadas/caídas; e

- **Características do solo do passeio atual:** ocorrência predominante de solo orgânico, solo arenoso, solo de alteração ou solo transportado.

- **Características das encostas, a jusante e montante da trilha:** ocorrência de ruptura dos taludes; blocos soltos; concentrações de blocos; processos erosivos; paredões rochosos; surgência e concentração de água;

- **Características da vegetação do entorno imediato ao traçado:** reconhecimento do estágio sucessional; ocorrência de clareiras com extensão significativa, provenientes de queda de árvores ou extração seletiva de árvores; ocorrência de espécies em desequilíbrio ecológico, tais como: bambu, gramíneas invasoras, lianas e trepadeiras; ocorrência de queda de árvores que interceptam o caminho; e

- **Atrativos naturais, arqueológicos, culturais e/ou históricos:** a ocorrência de atrativos no setor foi registrada com auxílio de aparelho de GPS.

Princípios Orientadores para Trilhas Sustentáveis

1. Evite áreas ecológicas sensíveis e habitats críticos
2. Desenvolva trilhas em áreas já influenciadas pela atividade humana
3. Tenha áreas de amortecimento para proteger sistemas ecológicos e hidrológicos sensíveis
4. Use infiltração natural e melhores práticas para gerenciamento de águas pluviais
5. Forneça gerenciamento contínuo das trilhas e sistemas naturais adjacentes
6. Garanta que as trilhas sejam projetadas, construídas e mantidas de forma sustentável
7. Desative formalmente e restaure corredores de trilhas insustentáveis



e objetivos específicos. Então as técnicas a serem adotadas no plano de sinalização devem apresentar harmonia com o ambiente e infraestruturas existentes. Os tipos de sinalização comumente utilizados são: painéis e placas; marcação a tinta em árvores e pedras; totem de pedras; e fitas.

Na linguagem técnica, a sinalização de uma trilha se divide em dois grandes grupos: indicativa e interpretativa.

Sinalização Indicativa: deve ser colocada SEMPRE que houver possibilidade de dúvida do percurso na trilha. Ou seja, em todas as bifurcações ou em trechos em que a trilha esteja mal definida, ou ainda onde haja ocorrência comum de neblina. A sinalização indicativa se divide em cinco tipos:

Direcional – É aquela que, como o nome diz, aponta a direção e o sentido que o visitante deve seguir;

Confirmatória – É aquela que, logo após uma bifurcação, confirma que o visitante escolheu a opção correta;

Calmanete – É aquela que de tempos em tempos reassegura ao visitante de que está no caminho correto. Em oposição, sempre que o visitante andar mais de cinco minutos sem ver uma sinalização calmante, saberá que errou o caminho e tentará retornar até encontrar a última sinalização e voltar à trilha certa;

Sinalização:

Assim como estradas e outros tipos de caminhos, as trilhas necessitam de formas de orientar e informar os seus usuários. A sinalização em uma trilha, bem planejada e manejada, é fundamental para objetivar sua função que vai além de mostrar a direção do caminho a ser percorrido, podendo apresentar um importante caráter educativo. Além disso, a sinalização visa a segurança do visitante e dos recursos da área.

Considerando as inúmeras possibilidades existentes para elaboração do material de sinalização da trilha, é importante destacar que cada ambiente possui particularidades no que diz respeito às suas características

Indutiva – Sinalização usada para segurança ou manejo. É aquela que induz o visitante a seguir na direção que interessa à Unidade de Conservação, evitando que ele pisoteie áreas sensíveis, estimulando-o a não pegar atalhos, e direcionando-o para trajetos mais longos, em detrimento de opções mais curtas, mas com alto potencial de acidentes ou de impactos ambientais;

Distância percorrida – indica as distâncias entre o ponto sinalizado e um ou mais destinos ao longo do percurso da trilha. Essa sinalização não é obrigatória, mas desejável, pois contribui para a sensação de segurança do visitante ao percorrer a trilha, principalmente para trilhas autoguiada e de longa distância.

Sinalização Interpretativa: geralmente se apresenta de maneira mais complexa que os sinais indicativos, tendo o intuito de explicar ao visitante os aspectos acerca do ambiente. A sinalização interpretativa se divide em 5 tipos:

Entrada de trilha / painel diretório – Os pontos de entrada em uma trilha, são comumente sinalizados com placas que trazem um conjunto de informações mais denso para o usuário. As placas de entrada de trilha precisam informar aos usuários, de forma clara, as características mais importantes da trilha como sua distância, duração, nível de exigência física, atrativos ao longo do percurso e explicações sobre a sinalização adotada, além de informações regulatórias e de segurança para os usuários, como uma lista de contatos de emergência. Outra função importantíssima das placas de entrada de trilha é ser um meio oficial para advertir os visitantes **sobre os riscos associados ao percurso da trilha**.

Destino – Um destino é um ponto notável ao longo da trilha, que pode ser um atrativo, um equipamento de apoio aos visitantes ou uma feição topográfica que seja de passagem desejável ou obrigatória pelo visitante na trilha, como um mirante, uma cachoeira ou uma

ponte, por exemplo. Estes pontos de referência também devem constar do mapa da trilha e ajudam o visitante a se localizar ao longo do caminho, mesmo que não possua ou não tenha familiaridade com equipamentos de navegação (GPS, mapas, bússola etc.).

Educativa/regulatória – Essa classe de sinalização busca estimular no visitante um determinado comportamento ou atitude, informando um perigo, induzindo uma conduta ou estabelecendo a proibição de certas ações. Preferencialmente a informação educativa/regulatória deverá ser passada com o uso de pictogramas padronizados de interpretação universal e/ou com frases curtas e diretas, evitando-se textos longos.

Interpretativas – Trata-se de uma classe de sinalização que tem como objetivo apresentar aspectos culturais ou naturais da área aos visitantes, podendo ser utilizada em atividades com condução obrigatória ou facultativa. Visa transmitir mensagens que provocam conexões emocionais entre a natureza e o público. Necessitam de um projeto interpretativo específico, independente do projeto de sinalização geral e das orientações previstas no manual geral de sinalização.

Emergencial – A sinalização emergencial é uma ação da gestão do espaço público em resposta a um fato não previsto que interfira no manejo da trilha ou que tenha consequências para a segurança dos visitantes. São motivos para sinalização emergencial, por exemplo, um deslizamento de terra, a queda de uma ponte, uma enchente, a presença de animais perigosos ou qualquer outro fato que obrigue a manutenção imediata da trilha, seu fechamento ou alguma necessidade de informação especial para os visitantes. Essa sinalização é essencial ainda para resguardar legalmente a administração da unidade, e precisa ser realizada mesmo que de forma improvisada, com os meios à disposição da administração no momento da emergência.

Sobre o método de sinalização

A escolha do método de sinalização deve ser feita levando-se em consideração o método interpretativo para a trilha. Por exemplo, em uma trilha autoguiada a sinalização da trilha pode ser em placas. Em trilhas autoguiadas com folheto, que exige a marcação clara de pontos na trilha onde o visitante deve parar e ler o folheto, a adoção do método de sinalização da trilha deve ser feita de forma a não conflitar com a marcação interpretativa. Por outro lado, em trilha guiada por monitores e guias turísticos (monitorada), o plano de sinalização não precisa considerar todos os atributos e elementos para o conteúdo das placas interpretativas. No entanto, a sinalização direcional é importante para garantir a segurança dos visitantes.



QUER SABER MAIS?

- Manejo de Trilhas: um manual para gestores – Instituto Florestal/Série Registros nº 35 (2008)
- Sinalização de trilhas: guia prático – Pedro da Cunha e Menezes (2014)
- Boas Práticas para Sinalização em Trilhas - FEMERJ Nº MAN - 2018/01
- Fundamentos do Planejamento de Trilhas – ICMBio (2020)
- Manual de Sinalização de Trilhas – 3ª edição – ICMBio (2023)
- Manual de Identidade Visual: Parques Estaduais de São Paulo – Fundação Florestal
- Accessibility Guidebook for Outdoor Recreation and Trails – USDA (2012)
- Trails for All People: Guidance for Accessibility and Inclusive Design – WeConservePA (2021)

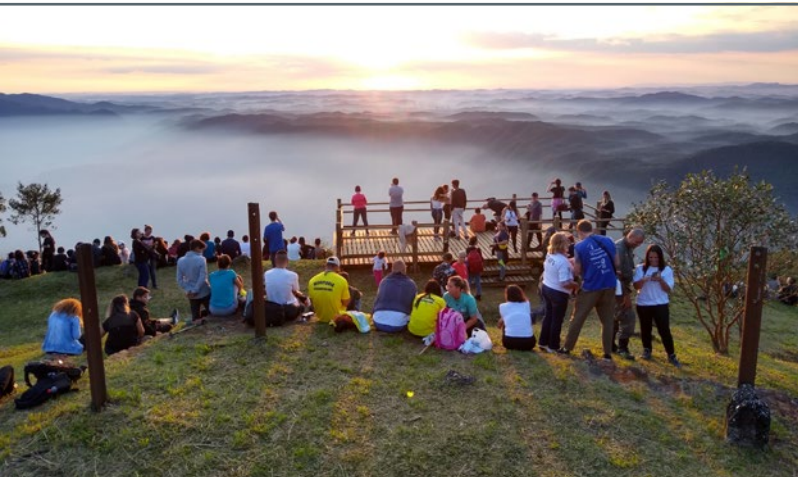
2.2 OPERANDO TRILHAS

A estratégia de trazer as pessoas para as áreas naturais, com o intuito de estimular a criação de uma conexão emocional, pressupõe que a gestão irá empreender esforços para compatibilizar a visitação com a conservação destas áreas, sejam elas propriedades privadas com áreas conservadas ou protegidas ou UCs.

A gestão da visitação deverá estar de acordo com os objetivos de conservação e manejo da área na qual a trilha está inserida. A atividade de visitação em trilhas localizadas em Unidades de Conservação deve estar prevista em seu respectivo instrumento de planejamento, como o Plano de Manejo da unidade. Com o objetivo de apresentar um conjunto de princípios, recomendações e diretrizes práticas com vistas a ordenar a visitação em Unidades de Conservação, o Ministério do Meio Ambiente elaborou o documento “Diretrizes para visitação em Unidades de Conservação” (MMA, 2006).

São atividades importantes para a definição de instrumentos normativos para a utilização de trilhas: definição da capacidade de suporte e do plano interpretativo.

Capacidade de carga ou de suporte é a quantidade de indivíduos que um determinado local ou área pode receber sem prejudicar o desenvolvimento da atividade para qual foi destinado. O termo capacidade de carga para áreas naturais tem sido tema de discussões há algumas décadas e existem diversos métodos e fórmulas de cálculo. Via de regra, para áreas naturais, é comum levar em consideração: o conhecimento acerca da biodiversidade local; disponibilidade de pessoal em quantidade adequada e capacitada para desenvolver atividades de manejo de visitação; disponibilidade de recursos financeiros; infraestrutura e equipamentos adequados; e satisfação do visitante em sua experiência recreativa.



Interpretação ambiental da trilha é uma atividade educacional que possui como base conceitual a sensibilização e transmissão de informações aos visitantes, caracterizando-se por traduzir a linguagem do meio ambiente, num sentido amplo, envolvendo aspectos naturais, históricos, arquitetônicos, sociais e culturais, à linguagem comum dos visitantes, por meio de uma abordagem própria, aliando entretenimento, presença de significado, organização e também de uma mensagem a ser comunicada, buscando cativar o visitante e estimulá-lo a pensar (Egydio, 1999). A criação de um Plano Interpretativo em trilhas se faz necessária e é de extrema importância, à medida que os visitantes percorrem as trilhas e se interessam pelo ato da caminhada de uma maneira mais prazerosa.

Além da definição de regras e orientações para o uso público das trilhas, é de suma importância que a gestão da trilha tenha mecanismos gerenciais de controle ambiental e de avaliação e monitoramento, que compreenda elementos que possa medir a eficácia da implantação e utilização da trilha, fornecendo informações importantes para o realinhamento e redirecionamento das ações de manejo.

busca de um conjunto de condições desejadas para as atividades de uso público nas áreas naturais, em relação à quantificação do uso que a área pode tolerar.

O grande desafio para os gestores é a implantação efetiva de um método seja ele qual for. A continuidade é fundamental para o sucesso do processo, mas se observa que isto é complicado, principalmente se tratando de gestão pública. Portanto, se deve procurar adaptar os métodos de forma simples e barata e que possam ser realizados pelos funcionários da própria unidade e assim garantir a efetividade do monitoramento.

Os principais problemas observados em trilhas estão relacionados à formação de processos erosivos, abertura de atalhos, aumento da largura, degradação da vegetação marginal, danos às estruturas existentes. Para o monitoramento do impacto da visitação em trilhas, a Federação de Montanhismo do Estado do Rio de Janeiro (FEMERJ) estabeleceu indicadores, classificados por problemas relacionados à:

Alteração do traçado – inclui problemas relacionados à abertura de atalhos e/ou picadas, problemas de alagamento, aumento da largura de trilhas;

Degradação da vegetação, como: pisoteio da vegetação marginal, danos à vegetação utilizada como apoio e ocorrência de espécies invasoras;

Presença de erosão – constituem os processos erosivos e instabilidades de taludes que ocorrem na trilha e seu entorno, como presença de sulcos e ravinas, voçorocas, erosão laminar e escorregamentos; e

Degradação das estruturas – abrange os problemas relacionados ao estado de conservação e danos sofridos pelas estruturas instaladas na trilha para diferentes funções como: drenagem, contenção, cerca, sinalização, entre outras.

VEJA
CAP. 6

Monitoramento de impactos é a ferramenta que os gestores têm para analisar e avaliar o nível dos impactos decorrentes da visitação e, portanto, tomar decisões de manejos preventivos e corretivos. Muitas metodologias foram desenvolvidas para esse fim. No entanto, todos os métodos têm em comum a ênfase à

Considerar que:

- É necessário aceitar que a visitação causará algum tipo de impacto na área. Esse impacto é, em geral, pequeno, localizado, mitigável e manejável;
- O manejo da visitação deve ser voltado para controlar e mitigar os impactos indesejados ao mesmo tempo que otimiza e proporciona os impactos positivos; e
- A visitação implica em impactos que podem e devem ser minimizados por meio de ações de manejo adequadas, incluindo ações educacionais.



QUER SABER MAIS?

- Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação – MMA (2006)
- Manejo de Trilhas: um manual para gestores – Instituto Florestal/Série Registros nº 35 (2008)
- Roteiro Metodológico para Manejo de Impactos da Visitação, com enfoque na experiência de visitante e na proteção de recurso naturais e culturais. MMA-ICMBio (2011).
- Manejo da Visitação em Áreas Naturais - FEMERJ Nº MAN - 2013/01
- Manual de Métodos para Monitoramento do Número de Visitas em Unidades de Conservação Federais – ICMBio (2020)
- Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management – IUCN (2002)

2.3.RECUPERANDO TRILHAS

Por meio da avaliação dos dados obtidos nas campanhas de monitoramento dos impactos da visitação, em especial dos indicadores das situações de degradação das estruturas instaladas nas trilhas, poderá ser necessário adotar ações de manejo com o intuito de reestabelecer a segurança dos usuários, bem como de garantir a integridade do ambiente, de acordo com os objetivos de conservação da área onde se encontra a trilha. As ações podem ser preventivas ou corretivas.

As **ações de manejo preventivas** ocorrem quando há uma deterioração dos recursos ou uma diminuição na qualidade da experiência dos visitantes, mas os indicadores não atingiram ou estão quase atingindo os limites dos padrões estabelecidos. A maioria dessas ações tem um caráter difuso e de longo prazo e, por isso, não são muito sentidas pelos visitantes.



As **ações de manejo corretivas** ocorrem quando os indicadores atingiram ou ultrapassaram seus padrões, situação essa que deve ser evitada ao máximo. No primeiro caso, as ações devem ser voltadas para controlar, mitigar ou remover os impactos. Já no segundo caso, as ações de manejo devem priorizar a restauração dos padrões aceitáveis através de medidas mais diretas, enfáticas e de curto prazo.

Após o estabelecimento da ação de manejo, é necessário analisar se a mesma está atuando da maneira desejada. Ou seja, é necessário que o programa de monitoramento colete os dados sobre os indicadores e causas de impacto, avaliando a efetividade da ação de manejo para que as decisões sobre continuar, suspender ou modificar as ações sejam tomadas.



Questões a se considerar para a escolha da ação de manejo adequada:

1. Qual a verdadeira causa do impacto?
A ação escolhida irá tratar da causa verdadeira ou irá se concentrar nos efeitos secundários?
2. Que ação deve ser tomada?
3. Quais as vantagens e desvantagens dessa ação?
4. A ação preserva a liberdade de escolha e a amplitude de expectativa dos visitantes?
5. Como essa ação será percebida pelos visitantes?
6. Qual o custo das ações a serem tomadas?
7. Qual o risco da ação? Qual o potencial dessa ação criar outros problemas?



QUER SABER MAIS?

- Manejo de Trilhas: um manual para gestores – Instituto Florestal/Série Registros nº 35 (2008)
- Manejo da Visitação em Áreas Naturais - FEMERJ Nº MAN - 2013/01
- Trails Guidelines and Best Practices Manual - Department of Conservation and Recreation (DCR) – Massachusetts (2012)



DOMÍNIOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

**A PAISAGEM DE NOSSO PLANETA É EXTREMAMENTE
DINÂMICA, SENDO MARCANTES AS FREQUENTES MUDANÇAS
NAS SUAS DIMENSÕES E FORMAS.**

O presente capítulo enfoca alguns aspectos geológicos (tipos de solos e rochas) e as tipologias do relevo que interferem na construção, uso público e manutenção de trilhas. O entendimento destes aspectos permitirá uma gestão mais segura dos riscos e perigos inerentes aos ambientes naturais. Nesse sentido são apresentados alguns conceitos que abrangem desde a geometria das superfícies do terreno até os materiais geológicos e antropogênicos que compõem as encostas.

A paisagem de nosso planeta é extremamente dinâmica, sendo marcantes as frequentes mudanças nas suas dimensões e formas. Estas mudanças de relevo, muitas vezes abruptas, ocorrem, pois, há uma interação intensa das chamadas forças da dinâmica interna - que atuam no sentido de elevar a superfície da terra - e as da dinâmica externa, que tendem a arrasar estas elevações. Enquanto em parte do planeta são criadas cadeias de montanhas, vulcões e terrenos de topografia acidentada, em outras os processos erosivos e os escorregamentos tendem a abater estas elevações esculpindo estas paisagens nos tempos modernos.

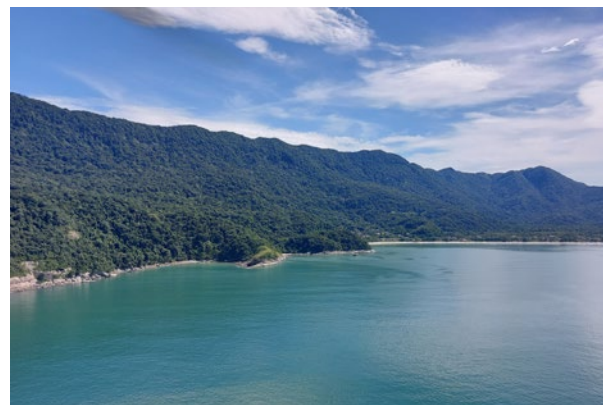
Parte destas mudanças necessita de milhares de anos para completar seu ciclo; outras ocorrem relativamente rápido, sendo perceptíveis na escala de tempo da vida humana.

É neste contexto que se encontram as escarpas e encostas dos domínios serranos. Estas formas de relevo são originadas pela ação de forças externas e internas, por meio de agentes geológicos, geomorfológicos climáticos e biológicos. Normalmente são paisagens de beleza rara e exuberante e que atraem o turismo de aventura, muitas vezes intenso. É muito comum e necessária a instalação de trilhas para acessar estas áreas.

Os ambientes serranos possuem características peculiares. É fácil reconhecer encostas com grandes amplitudes, vegetação na forma de florestas densas e muitos rios e riachos que cortam essa paisagem. O desejo e a necessida-

de de transpor esses relevos estão presentes desde a descoberta de nosso país.

No domínio geológico e geomorfológico do estado de São Paulo é possível se estabelecer uma divisão do sistema de relevo, cujas distintas características físicas marquem um comportamento frente a implantação de trilhas. Esta divisão considera basicamente os fatores amplitude e inclinação (declividade) das formas superficiais do terreno. A partir desta divisão podem ser reconhecidas na paisagem as seguintes unidades planícies, colinas, morros com encostas suavizadas, morrotes, morros, montanhas e escarpas.



Unidades de Relevo

Planícies – superfícies aplainadas que, dependendo da origem de suas formas, podem se constituir em Planícies Aluvionares (com ocorrência ao longo das drenagens) ou Planícies Costeiras (ligadas a processos litorâneos com distribuição na orla marítima).

Colinas – relevo pouco acentuado com declividades predominantes de até 15% e amplitudes locais abaixo de 100 m.

Morros com encostas suavizadas – relevo pouco acentuado, com declividade predominante abaixo de 15% e amplitudes locais entre 100 e 300 m.

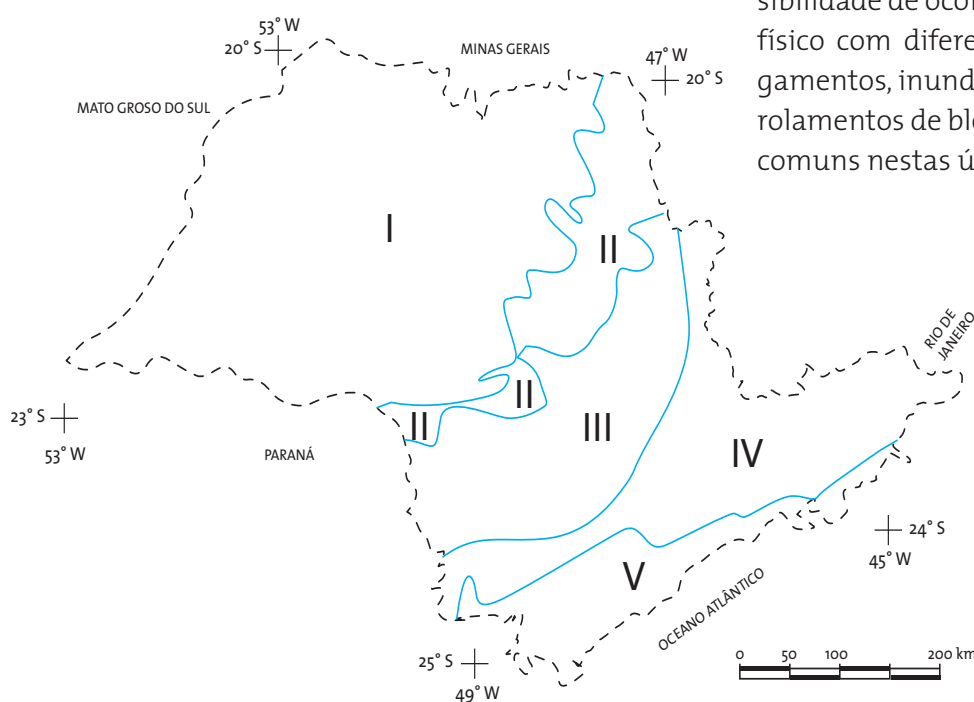
Morrotes – relevo com declividades predominantes acima de 15%, porém com amplitudes locais abaixo de 100 m.

Morros – relevo com declividades predominantes acima de 15% e amplitudes locais acima de 300 m.

Escarpas – relevo de maior energia, com declividades predominantes acima de 30% e amplitudes locais acima de 100 m.

No âmbito do estado de São Paulo, pode ser adotada a setorização de cinco grandes Províncias Geomorfológicas que apresentam feições subordinadas que subdividem estas províncias. A partir do rio Paraná até o oceano Atlântico tem-se: Planalto Ocidental, Cuestas Basálticas, Depressão Periférica, Planalto Atlântico e Província Costeira (**Figura 3**). Características do relevo, tipo de solo, vegetação e rede de drenagem irão definir as condições e atributos para projetar e construir trilhas e/ou caminhos. Cada unidade possui suscetibilidades a transporte de sedimentos e movimentos gravitacionais de massa bastante *distintas*. A unidade I apresenta muito alta suscetibilidade a processos erosivos e, portanto, qualquer intervenção executada nos terrenos para abertura de trilhas deverá levar em conta os aspectos que poderão potencializar a ocorrência de processos erosivos. A unidade II por sustentar relevo de “cuestas” poderá apresentar processos relacionados a escorregamentos e/ou quedas de blocos de rocha, dentre outros. A unidade III é muito possível a ocorrência de processos erosivos e enxurradas em pequenos cursos d’água. As unidades IV e V possuem variedade topográfica acentuada, desde planícies até escarpas das serras, nas quais há possibilidade de ocorrências de processos do meio físico com diferentes características. Escorregamentos, inundações e enxurradas, quedas e rolamentos de blocos de corridas de massa são comuns nestas últimas unidades.

VEJA
CAP. 4



LEGENDA FIGURA 3:

- I - Planalto Ocidental
- II - Cuestas Basálticas
- III - Depressão Periférica
- IV - Planalto Atlântico
- V - Província Costeira

FIGURA 3 : Províncias geomorfológicas.

No Planalto Atlântico (IV) e na Província Costeira (V) se encontram duas grandes cadeias de montanha que se destacam na paisagem: as Serras do Mar e da Mantiqueira. A Serra do Mar é um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000 km de extensão, que termina no Planalto Atlântico em trecho voltado para a Bacia de Santos. Ela se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina. Em São Paulo, impõe-se como típica borda de planalto, frequentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1200 m com largura média entre 3 e 5 km. Sua direção geral acompanha a orientação Leste-Nordeste das estruturas do Escudo Atlânticos.

As Serras do Mar e da Mantiqueira possuem situações muito propícias para a ocorrência de movimentos de massa e processos hidrológicos do tipo enxurradas. **As condições de topografia, das dimensões de bacia hidrográfica, da rede de drenagem, de aspectos geológicos e das chuvas que incidem nas escarpas íngremes favorecem a deflagração de movimentações que variam muito em forma, volume, tipo de material mobilizado, raio de alcance e dimensões.** Historicamente, são processos recorrentes a cada período chuvoso e de origem natural ao longo da região da escarpa. Muito semelhantes são as condições encontradas em outras áreas serranas no nosso país.

E nestes domínios serranos encontramos centenas de caminhos e trilhas com as mais diversas finalidades, incluindo-se o turismo de aventura. Atualmente, as metodologias de mapeamento dos riscos geológicos permitem a identificação e análise dos diferentes cenários de risco de modo a garantir a gestão segura destes ambientes por meio de medidas que buscam antecipar a ocorrência dos problemas. Nesse sentido, medidas estruturais (obras e intervenções das mais variadas formas) e não estruturais (planos de contingência e de emergência) podem ser executadas para minimização dos perigos.

A seguir, são feitas considerações gerais e alguns conceitos a respeito de aspectos relacionados ao relevo (geomorfologia) e tipos de materiais (geologia) presentes nas diferentes localidades visando estabelecer uma terminologia comum para os usuários do presente Manual.



3.1 ASPECTOS DO RELEVO

Uma encosta, ou talude natural, pode ser entendida como toda superfície natural inclinada (declive) que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais (H, na **Figura 4**). Estas encostas podem ser compostas por maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha). A combinação entre aspectos da geologia, do relevo do clima, do meio biótico e do tempo de exposição destas superfícies vão gerar solos de composição e comportamentos mecânicos variados. Nesse sentido, espessuras, coloração e características dos materiais podem ser muito distintas. A **Figura 4** ilustra essa feição do relevo denominada de encosta ou talude natural.

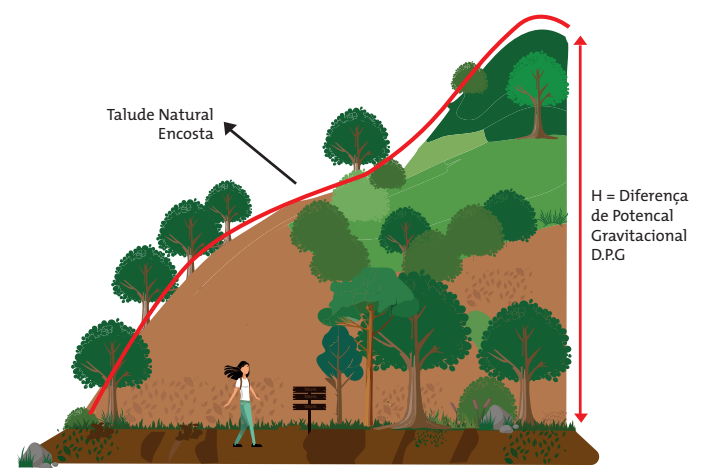


FIGURA 4. Elementos geométricos que definem uma encosta e/ou talude natural.

Há duas intervenções que podem ser executadas nas encostas naturais: os cortes e os aterros (**Figura 5**). Os taludes de corte são definidos como uma superfície resultante de algum processo de escavação promovido pelo homem. Os taludes de aterro (talude artificial) referem-se aos declives de aterros construídos a partir de alguns materiais, tais como, argila, silte, areia, cascalho, e muitas vezes entulhos. Estas duas intervenções são comuns nas mais variadas trilhas em ambientes serranos, na maioria das vezes objetivando uma regularização e suavização do caminho dada a topografia íngreme destes terrenos. Estas intervenções podem induzir o que chamamos de movimentos de massa, principalmente a partir da intensificação de processos erosivos e escorregamentos e movimentações envolvendo rochas (queda, rolamento e deslocamentos).

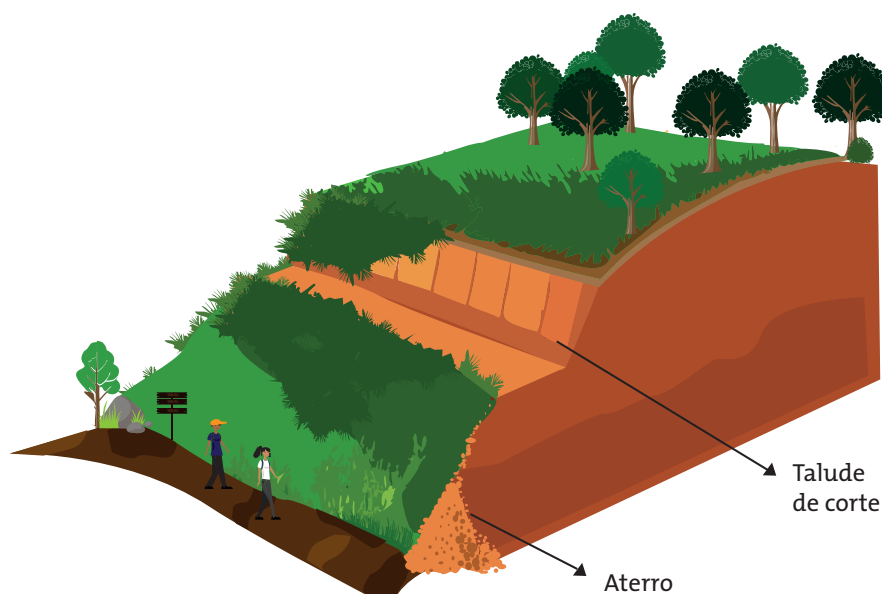


FIGURA 5. Intervenções normalmente executadas em encostas naturais e que modificam as condições de estabilidade: cortes (escavações) e aterros.

Os principais elementos geométricos de uma encosta ou dos taludes são a inclinação ou declividade, a amplitude e perfil desta superfície (**Figura 6**). A conjunção destes três elementos condiciona o comportamento do escoamento da água e, portanto, dos processos que irão afetar estas encostas e taludes. No projeto de novas trilhas ou em caminhos já executados é essencial o estabelecimento de menores intervenções para que estes elementos não sejam modificados de maneira significativa. É essa geometria que vai definir a estabilidade de um maciço de solo e/ou rocha.

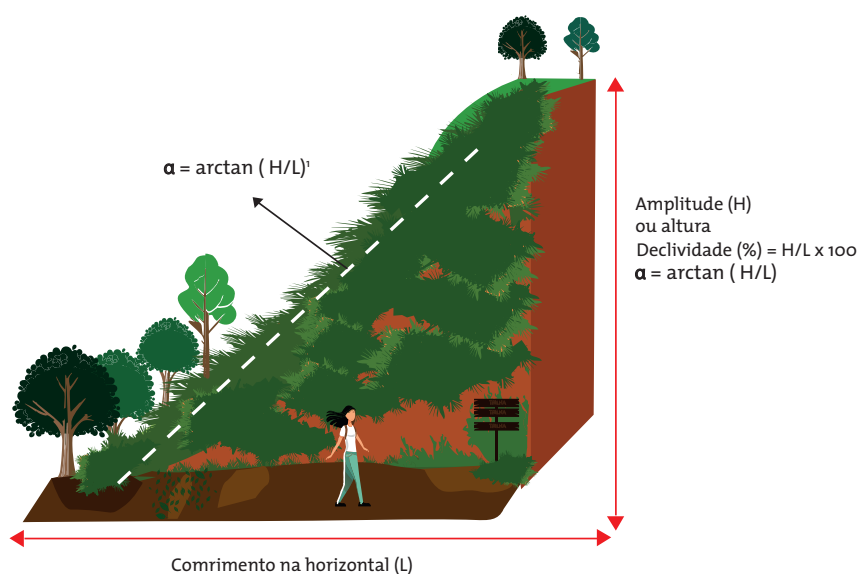
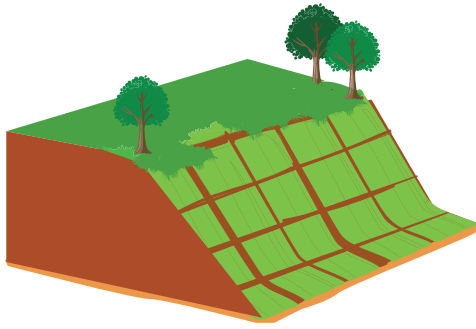


FIGURA 6. Elementos geométricos que proporcionam o cálculo da inclinação e da amplitude de uma encosta e/ou talude.

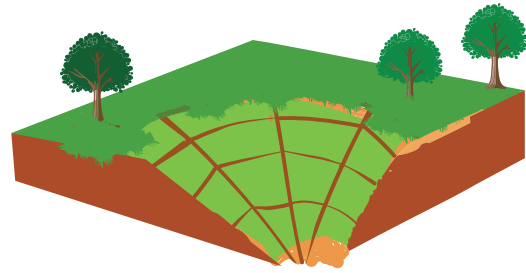


Superfície plana

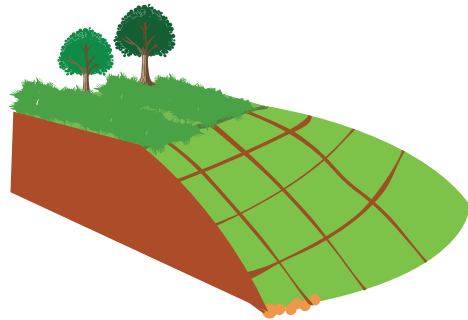
A inclinação destas superfícies corresponde ao ângulo em uma relação porcentual entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal (L) da encosta, expressa em graus. A declividade é expressa em porcentagem ($\text{declividade} = H/L \times 100$) e é outra forma de representar este importante fator geométrico das encostas. A amplitude indica a diferença de cota existente entre a base e o topo da encosta, ou seja, seu desnível vertical.

Além destes elementos geométricos podem ser reconhecidos três tipologias distintas de perfis, resultados de processos externos que esculpem a paisagem: retilíneo, convexo e côncavo. A partir da variação da inclinação ao longo de toda a extensão transversal de uma encosta, podemos ter estas três configurações coexistindo. A configuração geométrica destas encostas vai influenciar fortemente no escoamento da água superficial (interferindo no volume e na velocidade de escoamento), maior indutora de processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa.

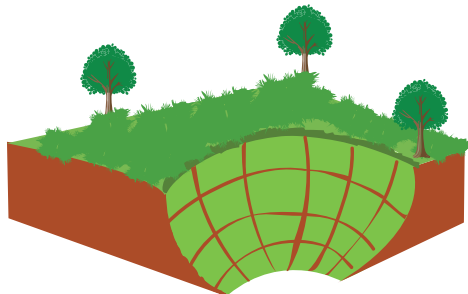
De forma geral, nas encostas de perfil retilíneo, a declividade se mantém constante ao longo de sua extensão; nas de perfil convexo, tende a diminuir e, nas de perfil côncavo, a declividade tende a crescer, com o aumento da altura na encosta (**Figura 7**):



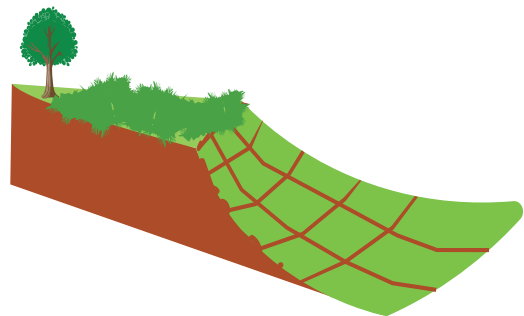
Superfície convexa. Condição da encosta com relação à água superficial: **coletora**



Superfície convexa. Condição da encosta com relação à água superficial: **difusa**



Superfície côncava. Condição da encosta com relação à água superficial: **coletora**



Superfície côncava. Condição da encosta com relação à água superficial: **difusa**

FIGURA 7. Exemplos de perfis ao longo de uma encosta: retilíneo, convexo e côncavo.

A partir do reconhecimento destes elementos associados ao relevo das regiões serranas ou de terrenos topograficamente acidentados é possível planejar, projetar e monitorar situações de instabilidade e que podem interferir nas condições de utilização das trilhas e na segurança dos usuários.

3.2 ASPECTOS DA GEOLOGIA

Os materiais geológicos que compõem uma encosta, além dos aspectos geométricos, são elementos fundamentais na formação dos solos (composição, profundidade e comportamento mecânico e hidráulico), na evolução dos relevos e dos processos do meio físico associados.

A estabilidade de uma encosta pode ser prevista ou entendida a partir da identificação de suas características geométricas, dos tipos de materiais que sustentam o relevo e fatores ligados ao clima, cobertura vegetal e percolação da água pelos maciços. Qualquer intervenção executada nestes ambientes necessita avaliações rigorosas visto que a abertura destas caminhos e trilhas irão modificar as condições naturais destes taludes.

Os solos e as rochas constituem-se nos dois grandes grupos de materiais naturais que podem formar uma determinada encosta. As diferenças de resistência, permeabilidade e deformação ao longo da profundidade definem os aspectos que limitam as camadas de um perfil de alteração (manto de alteração). Os solos também possuem uma classificação genética definida a partir da sua origem. Deste modo, o manto de alteração apresenta uma série de unidades sobrepostas e mais ou menos paralelas à superfície do terreno, cada qual com comportamentos geotécnicos distintos (resistência, erodibilidade, plasticidade etc.). O contato entre estas unidades pode ser brusco ou gradual e, nem sempre, estão presentes na sua totalidade no substrato de uma encosta. A **Figura 8** mostra um exemplo de um manto de alteração, também chamado de perfil de alteração, de um terreno.



Classificação genética dos solos

Orgânico

É formado pela decomposição de animais, vegetais e microrganismos.

Podem ter:

- grande quantidade de material orgânico;
- coloração preta ou acinzentada;
- geralmente pequenas espessuras; e
- espessuras significativas nas várzeas de rios e nos mangues da baixada litorânea.

Transportado

Resultado da erosão, transporte e sedimentação (decomposição da rocha ou de outro solo).

Podem ser:

- aluvionares: transportados e depositados pelos rios
- coluvionares: transportados pela ação combinada da gravidade e das águas pluviais; depositados ao longo das encostas;
- tálus: quando compostos por blocos de rocha e matacões, normalmente depositados no sopé das encostas; e
- eólicos: transportados pela ação dos ventos.

Residual

É o solo que se forma a partir da decomposição de uma rocha, permanecendo no local onde a rocha se encontrava (intemperismo).

Podem ser:

- solo residual maduro: camada superficial, constituída essencialmente por minerais secundários ou transformados (argilominerais, óxidos, hidróxidos de ferro e manganês); e
- solo residual jovem (saprolítico): camada sub-superficial que ainda guarda características herdadas da rocha mãe.

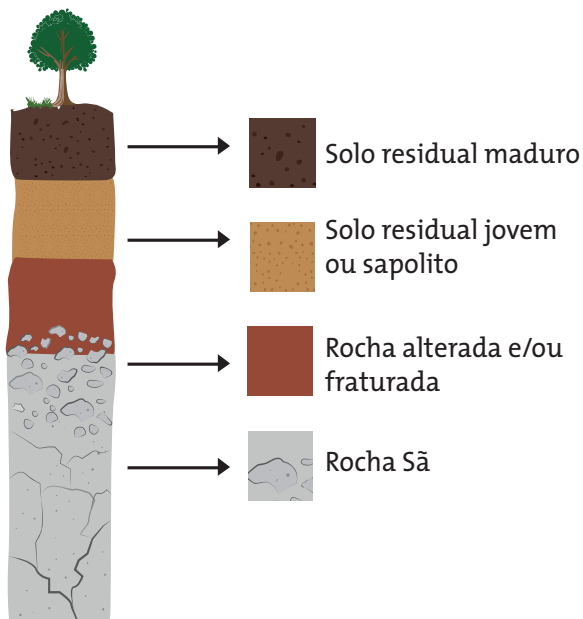


FIGURA 8. Exemplo de um perfil de alteração (manto de alteração) de um terreno.

Em regiões tropicais, o clima quente e úmido processa, com uma velocidade maior, um conjunto de alterações químicas e físicas nas rochas, dando origem à formação de um manto de alteração, cujo produto é o próprio solo.

Condições naturais que interferem na formação dos solos

- clima (temperatura e pluviosidade)
- tipo de rocha (resistência e estrutura)
- topografia
- vegetação
- condições de drenagem em subsuperfície

Os principais materiais geológicos que compõem um manto de alteração podem ser assim descritos:

- **Solo laterítico:** unidade mais superficial, apresenta-se frequentemente laterizado (concentração de óxidos de ferro e alumínio), com alta porosidade, predominantemente argiloso e com cores em tons de amarelados e avermelhados. Pode ser originário da alteração local de rocha ou de materiais transportados de montante, sob ação da gravidade (origem coluvionar).

- **Solo de alteração ou residual jovem:** unidade subjacente ao solo superficial, com propriedades texturais e estruturais diretamente relacionadas à rocha sobre a qual está assentado e que deu origem a sua formação. Apresenta, frequentemente, cores variegadas.
- **Saprólito:** unidade que faz a transição entre o solo e a rocha. Este material não pode ser considerado mais como solo devido a suas características de resistência mecânica. Apresenta-se muito alterado e fraturado, o que lhe confere um comportamento intermediário entre o solo e a rocha.
- **Rocha:** é a unidade mais profunda do manto de alteração, apresentando resistência superior às unidades subjacentes. Em função do seu grau de alteração e fraturamento, pode ser dividida em subunidades.
- **Tálus:** são depósitos de solo e fragmentos de rocha de dimensões variadas (poucos decímetros a alguns metros), formados a partir do acúmulo de material escorregado das porções superiores das encostas. Além da heterogeneidade textural (blocos de rocha em matriz de solo), caracteriza-se por ocupar as porções mais suaves de declividade (15 a 20°), geralmente, na parte basal das encostas. Quando os fragmentos possuem dimensões milimétricas estes solos depósitos recebem o nome de colúvio.

A **Figura 9** ilustra as diferentes tipologias e materiais e a sua distribuição no perfil de alteração de uma encosta.



FIGURA 9. Principais tipologias de materiais geológicos presentes em uma encosta.

Situações muito comuns em trilhas que cruzam trechos serranos é a presença de blocos de rochas, dispersos na superfície, e de paredões de rocha. A partir das tipologias de rochas presentes nestas localidades, há condição de formação de maciços com dimensões e geometrias bem variadas. A determinação se um bloco irá se movimentar ou uma lasca se soltar de um paredão dependerá do balanço entre fatores que são favoráveis e desfavoráveis a estabilidade. A **Figura 10** ilustra uma situação na qual tem-se a formação de um paredão rochoso, com possibilidade de deslocamento de lascas rochosas, e blocos de rocha dispersos na superfície, com possibilidade de rolamento.

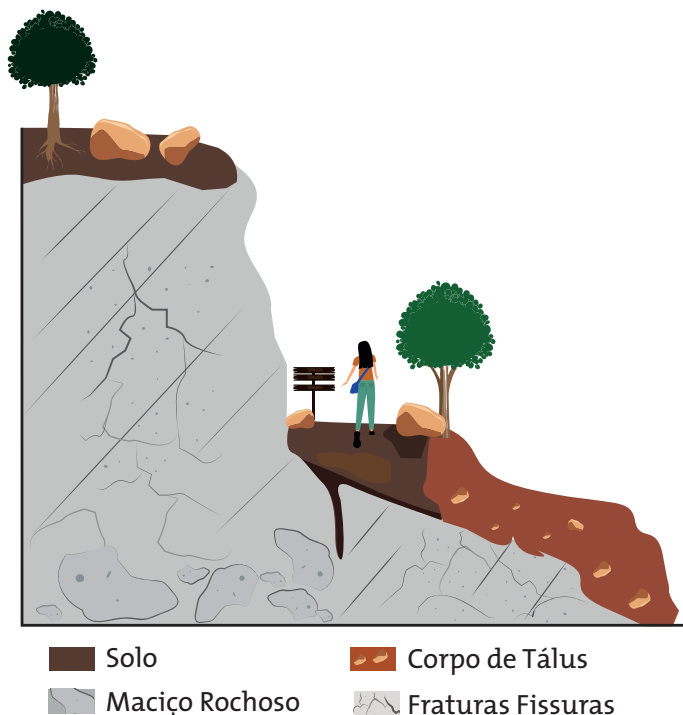


FIGURA 10. Exemplo de formação de paredão rochoso e blocos de rochas dispersos na superfície do terreno.

Condição de instabilidade = determinada pelo balanço de Fatores F (a Favor) e C (contra)

A FAVOR – F (contribui para a estabilidade)

- talude vertical
- bloco de rocha imerso
- bloco de rocha depositado no topo do talude em rocha
- condições de contato do bloco rochoso: contato liso (rocha-rocha) ou contato seco (solo-rocha)
- ângulo do plano basal: 0-15° e 15-35°
- condições de equilíbrio estático: 70% do material em contato
- condições de alteração do material: são e médio a pouco alterado
- forma geométrica: lascas e lajes
- posição: área maior do bloco em contato
- estrutura talude em rocha: 1 família de fratura
- estrutura talude em solo: associado ao solo natural

CONTRA – C (contribui para a instabilidade)

- talude inclinado
- bloco de rocha depositado no topo do talude em solo
- faz parte do talude em rocha
- condições de contato do bloco rochoso: contato preenchido (rocha-rocha), solo saturado e erosão no contato (solo-rocha)
- ângulo do plano basal: maior que 35°
- condições de equilíbrio estático: < 70% em contato
- condições de alteração do material: muito e desagrega manual
- forma geométrica: arredondados ou cúbicos
- posição: área menor do bloco em contato
- estrutura talude em rocha: 2 famílias de fraturas ou mais
- estrutura talude em solo: associado ao aterro

Se $C > F$
Existe risco

Se $C \gg F$
Existe risco iminente

Se $C < F$
Estável

O QUE FAZER?

ESTÁVEL ($C < F$)

MONITORAR ($C = F$ ou $C > F$ com diferença até 1)

SOLICITAR INSPEÇÃO TÉCNICA ($C \gg F$)

3.3 A ÁGUA COMO AGENTE DEFLAGRADOR

O principal agente deflagrador dos movimentos gravitacionais de massa nas encostas (rastejo, escorregamentos, quedas-tombamentos-rolamentos e corridas de massa) e dos movimentos de transporte de sedimentos é a **ÁGUA**!

E, normalmente, isso ocorre no momento dos períodos chuvosos.

O aumento do peso específico do solo devido à retenção de parte da água infiltrada é condicionante de instabilização que incide nas encostas e taludes.

A água atua também por meio de infiltrações no maciço ou em partes dele (vazios, fissuras, trincas, juntas etc.), de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, que podem levar à ruptura de uma encosta e/ou talude. Para cada tipo de material presente no manto de alteração teremos tempos de respostas e comportamentos distintos.

Observar surgências nos barrancos ou em pontos específicos das trilhas (poças e trechos encharcados) torna-se necessário para avaliar e prever a ocorrência destes processos do meio físico. A **Figura 11** ilustra o ponto onde normalmente são observadas as surgências de água, indicativas da elevação do nível de água (N.A.) nos terrenos. Essa elevação do nível de água pode provocar, a depender das condições dos maciços de solo e/ou rocha, rupturas de parte destas encostas. Sendo assim, a probabilidade de acidentes em trechos que apresentam estas situações se eleva consideravelmente.

Portanto, medir as chuvas acumuladas, monitorar a previsão meteorológica e vistoriar periodicamente trechos críticos da trilha poderá permitir tomar ações preventivas com relação aos processos que possam ocorrer e reduzir o potencial de danos.

VEJA
CAP. 7

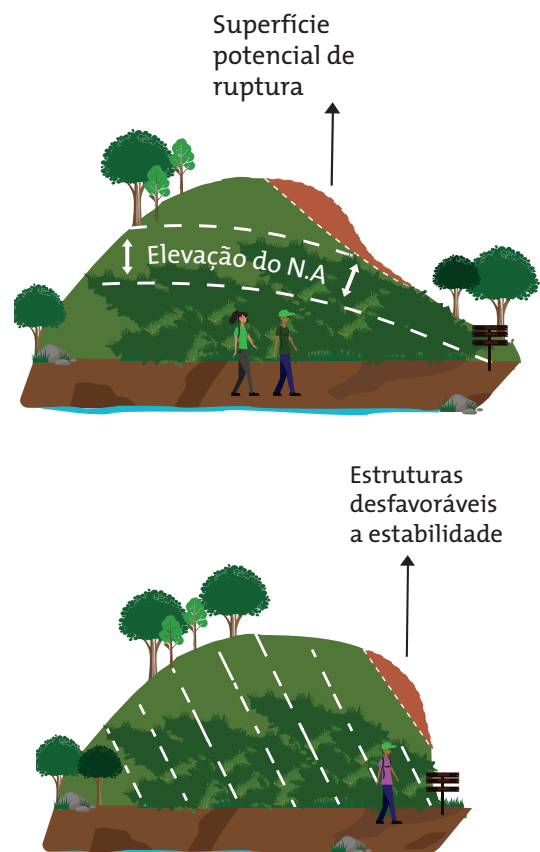


FIGURA 11. Exemplos de pontos onde normalmente podem ser observadas surgências de água nas encostas e/ou talude.



QUER SABER MAIS?

- Manual de Ocupação de Encostas – IPT (1991)
- Manual de Taludes de Rodovias – IPT (1991)



PROCESSOS DO MEIO FÍSICO

A DINÂMICA DOS FENÔMENOS E OS RISCOS ASSOCIADOS

A dinâmica das encostas é regida pelos processos de **transporte de massa** e pelos **movimentos gravitacionais de massa**. São os denominados “processos naturais da dinâmica superficial das encostas”. São processos naturais pois fazem parte da evolução das paisagens (do relevo) sem estar necessariamente associados a uma intervenção antrópica. De fato, intervenções antrópicas são indutoras e potencialmente aceleradoras da ocorrência destes processos. É nesse sentido que as trilhas existentes e as que ainda estão em planejamento devem levar em consideração a possibilidade dos dois tipos de processos.

Algumas questões podem auxiliar nas tomadas de decisão nas diferentes fases de implantação de trilhas.

- Quais os principais problemas observados em trilhas serranas? Onde e quando eles ocorrem?
- Quais são as situações mais frequentes para a ocorrência destes processos?
- As encostas íngremes, as bacias de drenagem e os rios que escoam em direção à porção plana de uma região são elementos que estão devidamente mapeados e entendidos?
- Houve definição de diferentes setores ao longo da trilha e respectivos problemas identificados?

As avaliações de risco em trilhas localizadas em regiões de relevo acidentado devem contemplar todos estes aspectos.

Os dois tipos de processos naturais da dinâmica superficial das encostas que podem ser considerados são:

(a) processo de **transporte de massa** - no nosso clima, tem como meio transportador a água. Dentre os processos se destacam as EROSÕES:

- erosão laminar;
- erosão em sulcos ou ravinas; e
- erosão por boçorocas.

(b) processo de **movimentos gravitacionais de massa** - classificados de diferentes formas, em função da geometria e/ou cinemática e/ou de material presente nestes fenômenos. Genericamente, podem ser definidas quatro categorias principais:

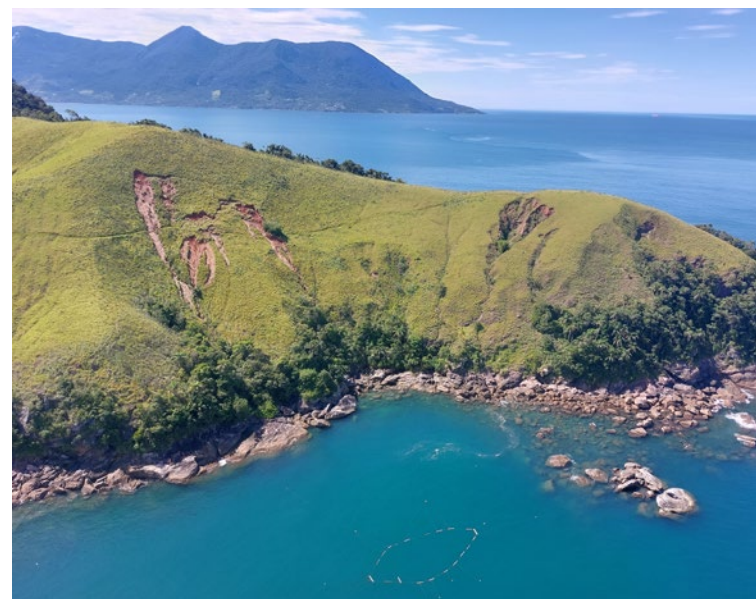
- rastejos;
- escorregamentos (deslizamentos – desbarrancamentos);
- quedas/tombamentos/rolamentos; e
- corridas de massa.

Além dos processos naturais da dinâmica superficial das encostas, em ambiente serrano também merece atenção às enxurradas e a queda de árvores.

4.1 PROCESSOS EROSIVOS

Os processos erosivos iniciam-se pelo impacto da água com o terreno, desagregando suas partículas. Esta primeira ação de impacto é complementada pela ação do escoamento superficial, a partir do acúmulo da água em volume suficiente para propiciar o arraste das partículas liberadas.

A classificação brasileira propõe três tipos de erosões que possam ocorrer em terrenos inclinados:



Erosão laminar: acontece quando o escoamento da água, encosta abaixo, “lava” a superfície do terreno como um todo, transportando as partículas sem formar canais definidos.

Erosão em sulcos: ocorre por concentração do fluxo d’água em caminhos preferenciais, arrastando as partículas e aprofundando os sulcos, podendo formar ravinas com alguns metros de profundidade.

Erosão por boçorocas: caracterizadas pelo avanço em profundidade das ravinas até estas atingirem o nível d’água do terreno.

Em algumas situações podem ser observados os processos de piping, que são situações onde existem surgências de água na superfície de taludes, naturais ou não, e que podem propiciar o carreamento de sedimentos.

Uma característica básica da erosão é a velocidade em que ocorre o processo: lento, porém, de maneira contínua e progressiva, evoluindo de pequenos sulcos para grandes ravinas.

A principal evidência da erosão é a formação de pequenos sulcos paralelos, segundo a maior declividade da encosta, que correspondem à instalação do processo no local (**Figura 12**). A coloração alaranjada/avermelhada (barrenta) das águas da enxurrada e o assoreamento de leitos de córregos também são evidências de que está havendo erosão na encosta.

Como principais causas antrópicas da erosão, destacam-se a remoção da vegetação, que age na interceptação das gotas de chuva desagregando as partículas ao cair no solo, e na redução da velocidade do fluxo laminar; a concentração de águas pluviais; a exposição de terrenos suscetíveis à erosão e a execução inadequada de aterro (**Figura 13**).

Escoamentos difusos e não controlados da água em superfície podem provocar a rápida evolução destas feições no relevo (**Figura 14**).

Nesse caso, é fundamental identificar os locais da trilha onde estão ocorrendo estes escoamentos difusos, pois a depender da suscetibilidade dos materiais aos processos erosivos a evolução destes pode se dar em velocidades muito altas.

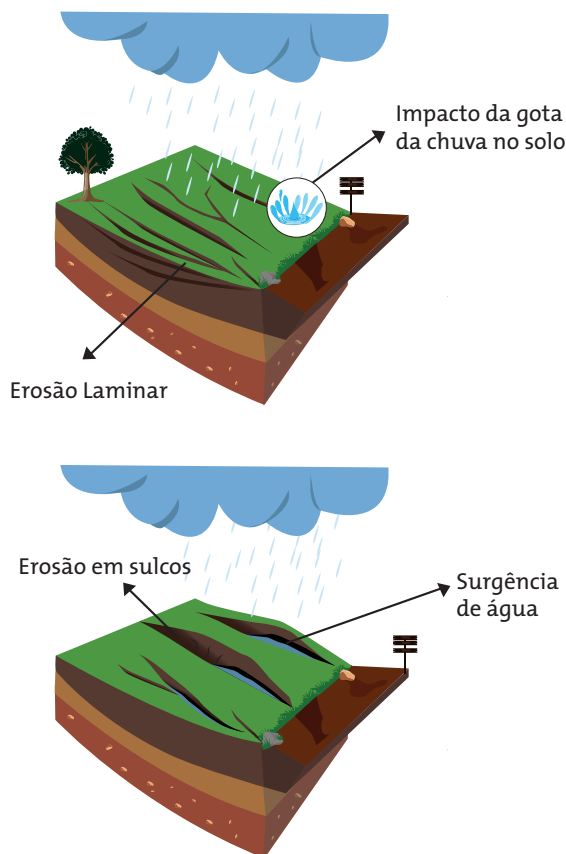


FIGURA 12. Uma das principais evidências da instalação de processos erosivos: formação de pequenos sulcos paralelos, segundo a maior declividade da encosta.

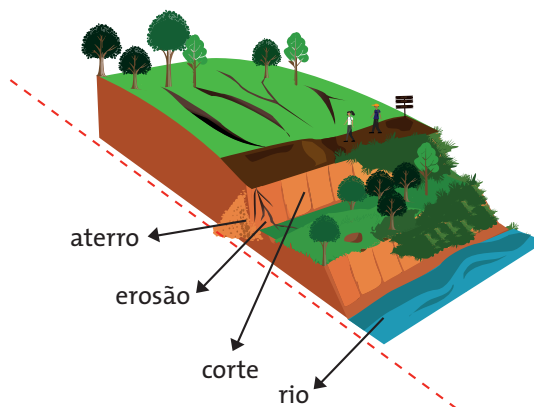


FIGURA 13. Intervenções que podem expor solos muito suscetíveis a erosão e propiciar a rápida evolução destes processos em encostas e aterros.

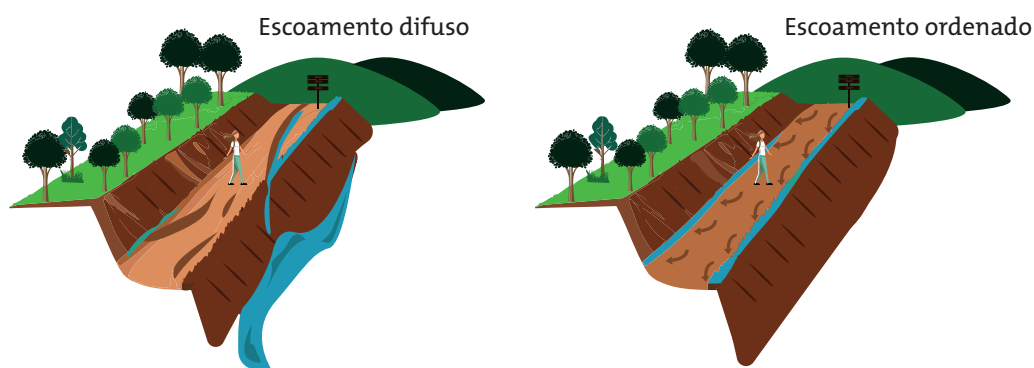


FIGURA 14. Exemplos de tipologias de escoamentos: difusos e ordenados. Os escoamentos difusos são os potencialmente mais críticos para iniciar os processos erosivos.

4.2 MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Os movimentos gravitacionais de massa são fenômenos geológicos que ocorrem quando a gravidade faz com que solo, vegetação, sedimentos ou rocha se movimentem por uma encosta. São geralmente desencadeados por fatores naturais, mas podem ser potencializados pela ação humana.

Os movimentos de massa podem ser classificados de acordo com a velocidade, sendo lentos ou rápidos. Os movimentos lentos são imperceptíveis e são geralmente detectados pelos seus efeitos. Os movimentos rápidos são visíveis e podem ser repentinos, ocorrendo principalmente em encostas íngremes. Podem ser classificados, adicionalmente, de acordo com os mecanismos específicos de ruptura e os materiais envolvidos.

Os quatro tipos principais de movimentos de massa são:

- **rastejo** (*creep*);
- **escorregamento** (*landslide*);
- **quedas – deslocamentos – rolamentos** (*fall – toppling*); e
- **corridas de massa** (*debris flow*).

Os **rastejos** são movimentos lentos, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (poucos centímetros por ano), podendo ser contínuos ou pulsantes, estando asso-

ciados a alterações climáticas sazonais (umedecimento e secagem).

O rastejo afeta grandes áreas do terreno e atua, tanto nos horizontes superficiais das encostas (solo superficial), quanto nos estratos mais profundos, deslocando e abrindo fendas no solo residual e na rocha.

Os movimentos dos depósitos de tálus, devido a suas características de velocidade e geometria, podem ser incluídos nesta categoria. O rastejo pode, ainda, preceder movimentações mais rápidas, como, por exemplo, os escorregamentos.

As evidências da ocorrência deste tipo de movimento são as trincas verificadas em toda a extensão do terreno natural que evoluem vagarosamente, bem como as árvores que apresentam inclinações variadas (**Figura 15**). Esta movimentação pode comprometer desde pequenas obras (casas, sistema de drenagens) até grandes estruturas (pontes, viadutos). Em trechos serranos as evidências aparecem na forma de pequenos deslocamentos de estruturas rígidas (cercas, guarda-corpos, placas), árvores inclinadas e blocos de rocha que se deslocam, além de trincas e rachaduras no terreno.

A principal causa antrópica dos processos de rastejo é a execução de cortes em sua extremidade média inferior, que interfere na sua precária estabilidade.

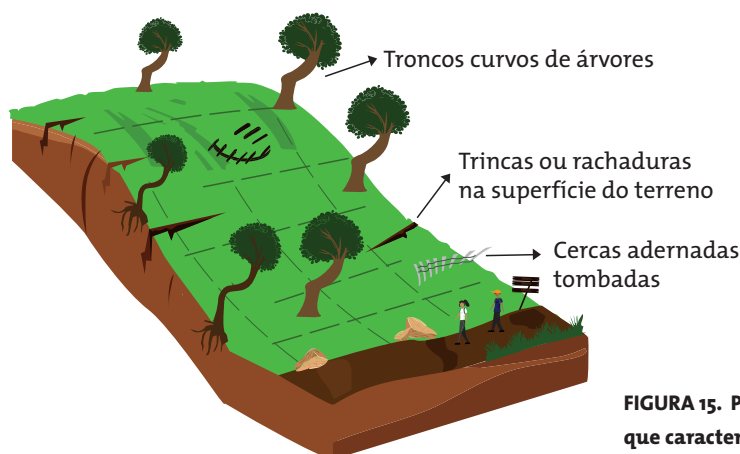


FIGURA 15. Principais evidências em superfície que caracterizam o processo de rastejo.

Os **escorregamentos** são processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos, limites laterais e profundidade bem definidos. Dependendo do seu mecanismo, é marcante observar a superfície de ruptura nas cicatrizes deixadas por estas movimentações.

Os escorregamentos podem movimentar solo, solo e rocha ou apenas rocha. A geometria destes movimentos pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura (**Figuras 16, 17 e 18**).

Um tipo de escorregamento comum em encostas ocupadas é o escorregamento induzido, ou seja, aquele cuja deflagração é potencializada pela ação antrópica e que, muitas vezes, mobiliza materiais produzidos pela própria ocupação (aterro, entulho, lixo etc.).

Os escorregamentos podem ocorrer isoladamente no tempo e no espaço (escorregamentos esparsos), ou simultaneamente (escorregamentos generalizados), afetando áreas consideráveis das encostas. O principal agente deflagrador destes processos são as chuvas. Os índices pluviométricos críticos variam de acordo com a região, sendo menores para os escorregamentos induzidos e maiores para os escorregamentos generalizados.

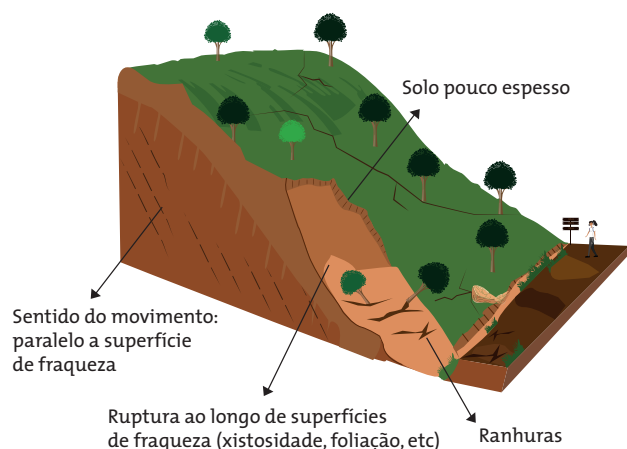


FIGURA 16. Desenho esquemático mostrando um escorregamento planar, também denominado de translacional raso.

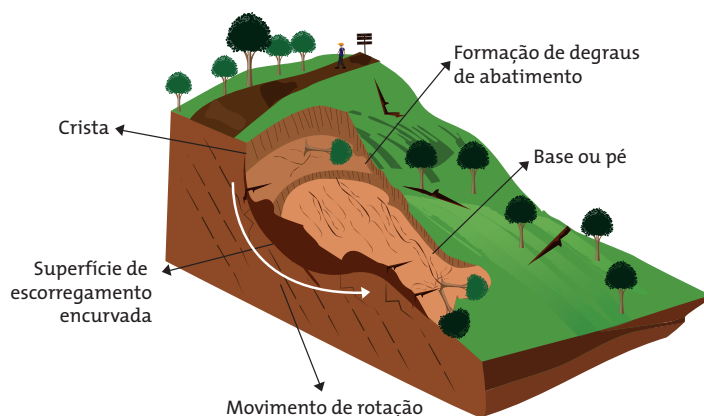


FIGURA 17. Desenho esquemático mostrando um escorregamento circular, também denominado de rotacional.

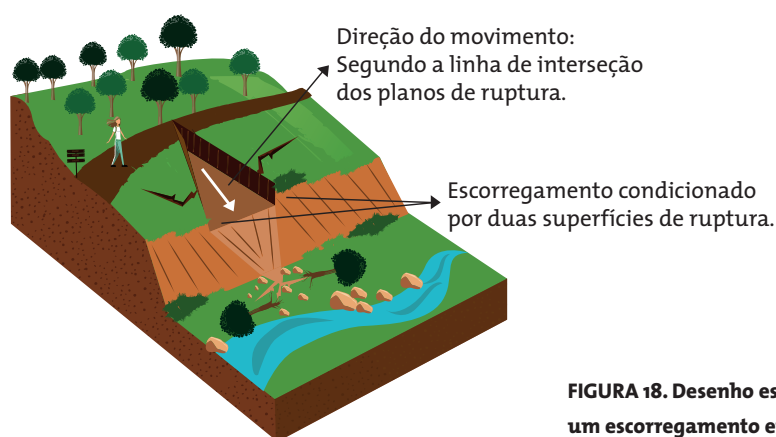


FIGURA 18. Desenho esquemático mostrando um escorregamento em cunha.

Processos	Características do movimento/material/ geometria
Rastejo (CREEP)	• Vários planos de deslocamento (internos) • Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade • Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes • Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada • Geometria indefinida
Deslizamentos (SLIDES)	• Poucos planos de deslocamento (externos) • Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) • Pequenos a grandes volumes de material • Geometria e materiais variáveis • PLANARES / TRANSLACIONAIS: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza • CIRCULARES / ROTACIONAIS: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas • EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (FALLS)	• Com ou sem planos de deslocamento • Movimento tipo queda livre ou em plano inclinado • Velocidades muito altas (vários m/s) • Material rochoso • Pequenos a médios volumes • Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. • DESPLACAMENTO • ROLAMENTO DE MATAÇÃO • TOMBAMENTO
CORRIDAS (FLOWS)	• Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimento) • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso • Desenvolvimento ao longo das drenagens • Velocidades médias a altas • Mobilização de solo, rocha, detritos e água • Grandes volumes de material • Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Os movimentos tipo queda de blocos ou lascas ou deslocamentos rochosos (**Figuras 19 e 20**) são extremamente rápidos (da ordem de m/s) e envolvem blocos e/ou lascas de rochas em movimento tipo queda livre. A ocorrência destes processos está condicionada à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, sendo potencializados pelas amplitudes térmicas, através da dilatação e contração da rocha, e por discontinuidades (fraturas, planos de fraqueza), que liberam blocos/lascas de rocha.

No contexto dos movimentos com rochas ainda temos:

- **Tombamentos:** Estes movimentos, também conhecidos como movimentos de basculamento, acontecem em encostas/taludes

íngremes de rocha, com discontinuidades (fraturas, diáclases) verticais. Em geral são movimentos mais lentos que as quedas e ocorrem, principalmente, em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando estas discontinuidades e propiciando o tombamento das paredes do talude (**Figura 21**).

- **Rolamento de matacões:** O rolamento de matacões é um processo comum em áreas graníticas que originam matacões de rocha são, isolados e expostos em superfície. Estes ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando um movimento de rolamento de matacão (**Figuras 22, 23 e 24**). A escavação e retirada do apoio, decorrente da ocupação desordenada de uma encosta, é a ação antrópica mais comum no seu desencadeamento.

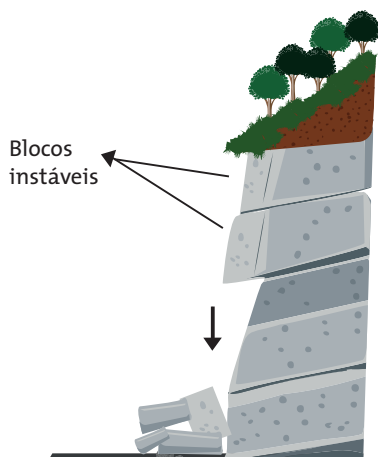


FIGURA 19 – Movimentações com rocha: quedas

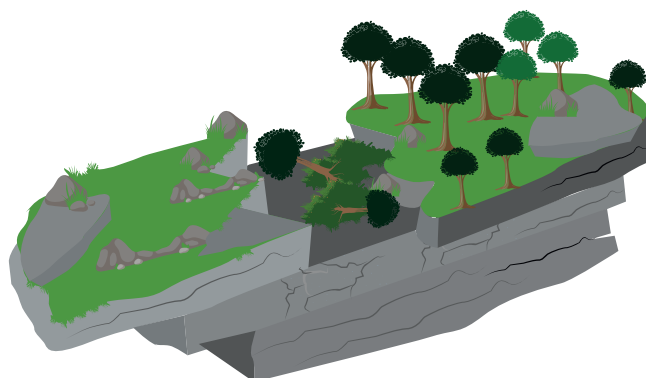


FIGURA 20 – Movimentações com rocha: deslocamentos

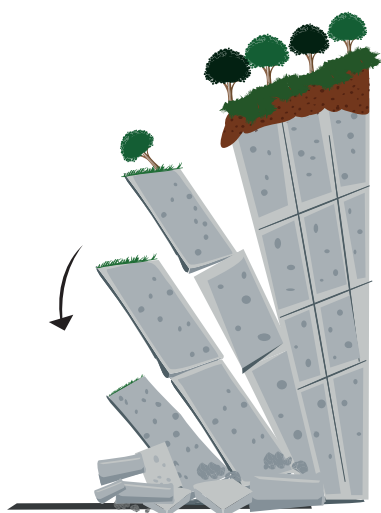


FIGURA 21 – Movimentações com rocha: tombamento

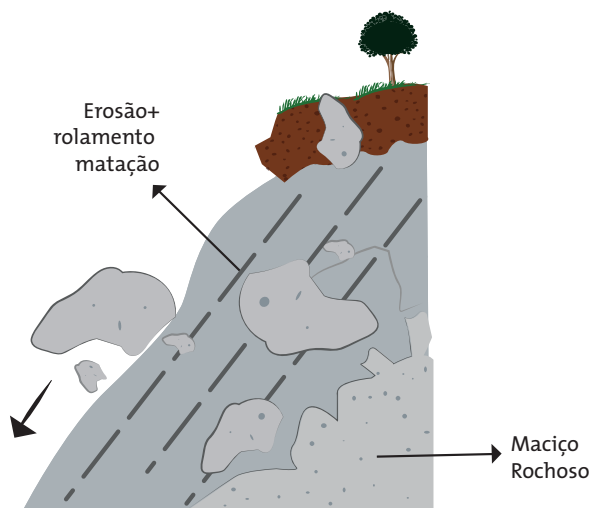


FIGURA 22 – Movimentações com rocha: rolamento de rochas

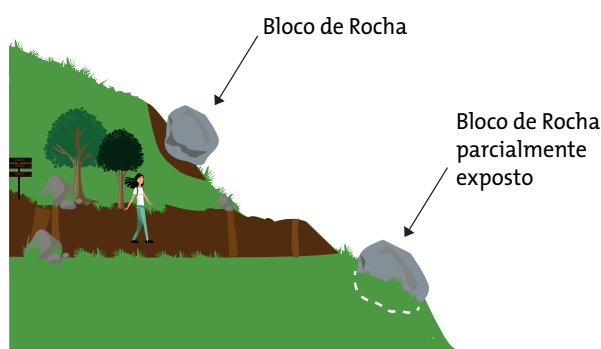


FIGURA 23 –Blocos de rocha aflorantes no topo do talude e parcialmente expostos. Exemplo de movimentações do tipo rolamento de rochas.

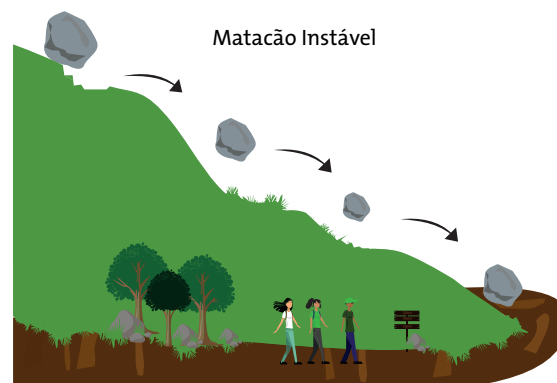


FIGURA 24 –Blocos de rocha totalmente expostos na superfície do terreno. Exemplo de movimentações do tipo rolamento de rochas que podem ocorrer distantes das trilhas.

Os processos de **corrida de massa** são gerados a partir de um grande aporte de material para as drenagens gerados nas porções superiores das encostas em bacias de drenagem serranas e restritas. Este aporte, combinado com um determinado volume d'água, acaba formando uma massa com um comportamento de líquido viscoso, de alto poder destrutivo e de transporte, e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

As corridas de massa são causadas por índices pluviométricos excepcionais, sendo mais raras que os demais processos abordados anteriormente, porém de consequências destrutivas muito maiores.

São processos com alta energia de transporte, caracterizado por escoamentos concentrados de blocos rochosos, troncos vegetais e galhos imersos em matriz com alta concentração de sedimentos de diferentes granulometrias, provenientes da ocorrência de escorregamentos nas encostas e do retrabalhamento de depósitos antigos situados ao longo de cursos d'água (margem e leito dos rios). A **Figura 25** ilustra um possível cenário de ocorrência destes intensos fluxos.

Os materiais mobilizados podem alcançar áreas planas e distantes situadas à jusante. Por sua alta energia de escoamento e elevada concentração de sólidos, bem como por seu amplo raio de alcance, configura o tipo de movimento gravitacional de massa com maior potencial de impacto destrutivo.



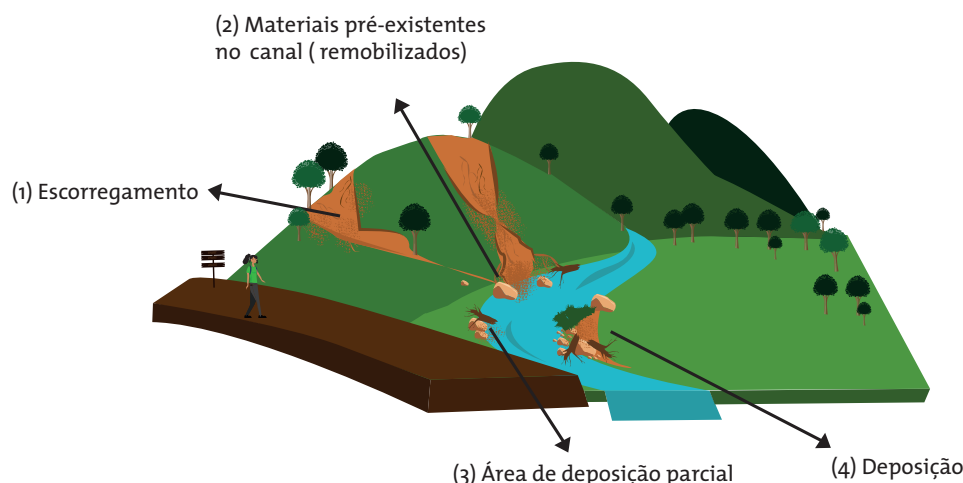


FIGURA 25 – Esquema ilustrando cenário de geração de corridas de massa (debris flow) em ambientes serranos.

Favorecem a ocorrência de corrida de massa, dentre outras causas:

- as altas declividades das escarpas montanhosas;
- o clima tropical, com a formação de espessas camadas de solo residuais e depósitos coluvionares e aluvionares;
- as drenagens íngremes;
- a disponibilidade de materiais soltos;
- a elevada pluviosidade;
- a destruição da vegetação nas encostas (naturais e/ou antrópicas); e
- o abandono de obras.



4.3 ENXURRADA

Além da geração de corridas de massa, nas pequenas bacias hidrográficas serranas é possível ocorrer, ainda, enxurradas com alta carga de sedimentos (materiais geológicos e troncos de árvores) com dinâmica bastante destrutiva e com alta energia de impacto. As **enxurradas** são caracterizadas por um escoamento bastan-

te concentrado, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. Em áreas urbanas, por exemplo, é muito comum a ocorrência de enxurradas ao longo das vias implantadas sobre antigos cursos d'água e que apresentam alto gradiente hidráulico em terrenos com alta declividade natural.

Em áreas montanhosas esses processos também são denominados de **cabeça d'água**, caracterizado por aumentos repentinos do nível das águas de um rio, devido a chuvas nas cabeceiras ou em trechos mais altos dos respectivos percursos d'água.

Esse fenômeno pode dar sinais: presença de folhas e galhos suspenso no fluxo d'água, aumento na vazão (volume) de cachoeiras e quedas e mudanças na coloração das águas do rio.

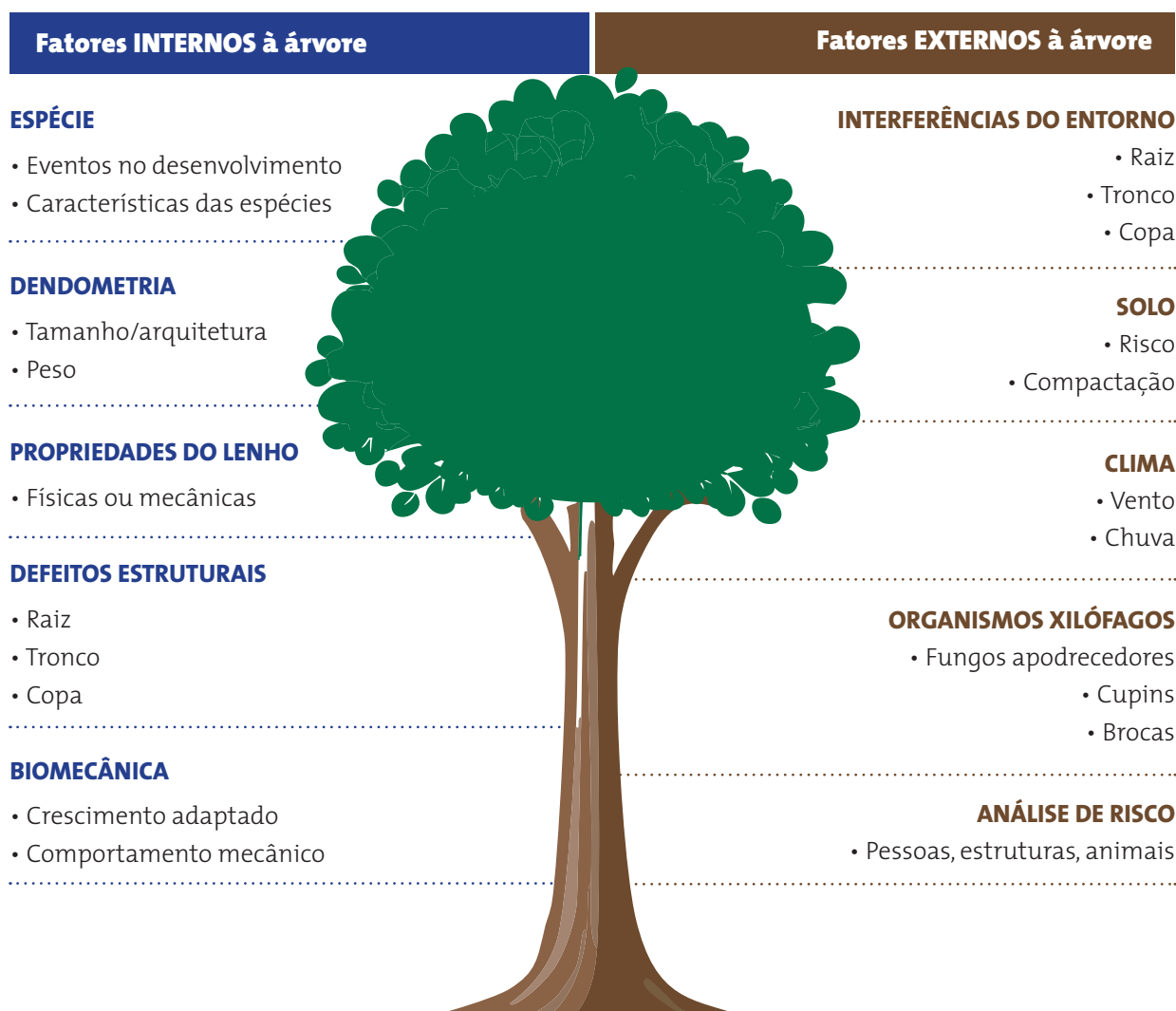


4.4 QUEDA DE ÁRVORES

Os processos de **queda de árvores** geram grandes preocupações nos ambientes urbanos, pelo potencial de danos às estruturas, por afetar a rede elétrica, gerar interrupções no sistema viário, causar danos em construções, calçadas, veículos, e pelo risco à população de ferimentos ou mortes. No entanto, também são muito comuns em cenários naturais e frequentes em ambientes serranos, especialmente em locais turísticos, pela presença de visi-

tantes e estruturas construídas. Na avaliação de riscos também se deve considerar a queda de galhos, cujo dano tende a ser menor, porém é mais recorrente e pode representar impactos significativos.

Apesar das técnicas de análise de risco de queda de árvores priorizarem as condições impostas em áreas urbanas, em que geralmente as árvores se encontram isoladas ou menos adensadas, muitas características devem ser consideradas ao avaliar o risco de queda de árvores em maciços florestais. Independentemente da situação, cada indivíduo arbóreo está sujeito à fatores intrínsecos (da própria árvore - propriedades físicas das fibras, defeitos, tensões de crescimento, peso próprio, dendrometria e arquitetura), à fatores extrínsecos (ambiente – solo, vento, condições do entorno, organismos xilófagos, patógenos), e à ação antrópica (podas inadequadas, injúrias, plantio de espécie e/ou em local inadequados, falta de planejamento e informação).



A queda de árvores é uma consequência natural, fazendo parte do ciclo de vida do indivíduo arbóreo, que ao entrar em senescência e morrer tem suas estruturas fragilizadas e, em algum momento, cairá. As espécies têm características particulares, como longevidade, resistência natural das fibras do lenho e ao ataque de fungos e outros organismos xilófagos (como cupins e brocas). No entanto, todas têm em comum que, com seu envelhecimento, esta resistência natural - em geral na forma de extrativos, substâncias produzidas para com-

bater ou restringir o ataque destes organismos -, é reduzida, e os processos naturais de degradação da matéria tem avanço. Assim, os processos de degradação do lenho pela ação de fungos apodrecedores é potencializado, ao ponto em que a perda de resistência das fibras pode acarretar na queda por ruptura do tronco, colo ou raízes. Em áreas expostas ao vento, também é comum a queda por pivotamento, quando todo sistema radicular de sustentação, acrescido do solo incorporado, se desprende do restante do maciço (**Figuras 26 e 27**).

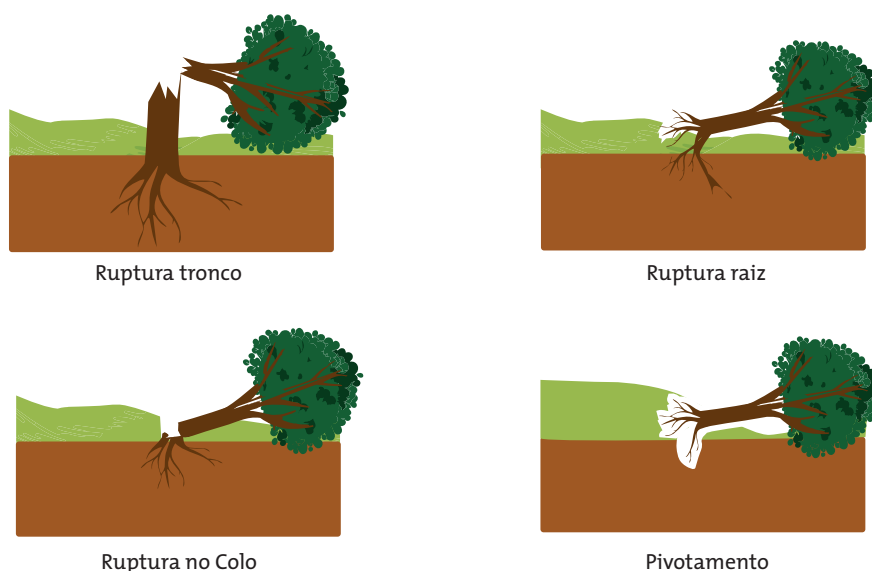


FIGURA 26 – Exemplos de queda de árvores.



FIGURA 27 – Queda de árvore por ruptura no tronco decorrente de ação do vento.

No entanto, fatores físicos, climáticos e antrópicos também podem contribuir para a queda de árvores. Como citado anteriormente, os processos naturais da dinâmica superficial, erosões e movimentos gravitacionais de massa podem, em maior ou menor velocidade, afetar a condição de estabilidade e fixação das árvores na superfície (**Figura 28**).

Assim como nos movimentos gravitacionais de massa nas encostas, a água representa um importante fator para a queda de árvores. Seja devido ao sobrepeso gerado pelo acúmulo da água das chuvas na copa de uma árvore, a desagregação das partículas do solo, junto ao sistema radicular, ou ainda a velocidade e força do fluxo fluvial em chuvas severas, é comum verificar a queda de diversos indivíduos.

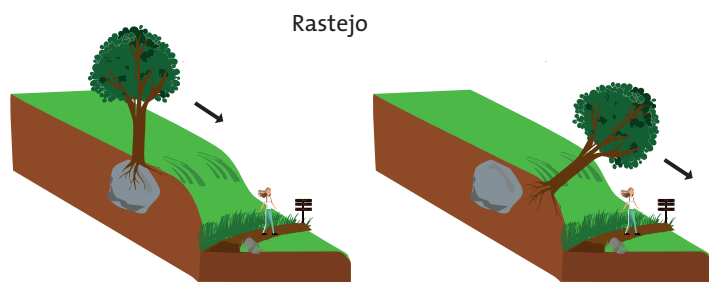


FIGURA 28 – Inclinação de árvore decorrente de movimentação do solo (rastejo).



Árvore com desenvolvimento sobre rocha.

O vento é um importante fator climático responsável pelo colapso de exemplares de árvores isolados ou maciços arbóreos. Mesmo em áreas florestais, é muito comum a ruptura de galhos ou mesmo árvores inteiras. Em ambientes florestais, as trilhas muitas vezes potencializam estes riscos, pois funcionam como agentes de fragmentação da mata, expondo as árvores do entorno aos efeitos de borda, como à ação do vento. Na literatura acadêmica, temos a classificação dada pela “Escala de Beaufort”, em que se expõe o efeito em terra para diferentes velocidades de vento, sendo que a partir de 40 km/h há intensa movimentação na copa das árvores, podendo haver rupturas de galhos, e acima de 80 km/h árvores inteiras podem ser arrancadas do solo (**Figura 29**).

Grau	Designação	km/h	Efeitos em terra
0	Calmo	<1	Fumaça sobe na vertical
1	Aragem	1 a 5	Fumaça indica direção do vento
2	brisa leve	6 a 11	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar
3	Brisa fraca	12 a 19	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	Brisa moderada	20 a 28	Poeira pequenos papéis levantados; movem-se galhos das árvores
5	Brisa forte	29 a 38	Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas
6	Vento fresco	39 a 49	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto, assobio em fios de postes
7	Vento forte	50 a 61	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	Ventania	62 a 74	Quebram-se galhos de árvores; dificuldade em andar contra de vento; barcos permanecem nos portos
9	Ventania forte	75 a 88	Danos em arvores e pequenas construções; impossível andar contra o vento
10	Tempestade	89 a 102	Arvores arrancadas; danos estruturais em construções
11	Tempestade Violenta	103 a 117	Estragos generalizados em construções
12	Furacão	>118	Estragos generalizados em construções

FIGURA 29 – Escala de Beaufort.

Além dos fatores que caracterizam a senescência e declínio da árvore, como presença de fungos, cupins, brocas, lesões necróticas de folha e **abscisão foliar**, a inclinação ou adernamento é mais um elemento importante a se considerar para avaliação preventiva de risco de queda de árvores. Seja nas árvores que se desenvolveram nas bordas das trilhas, em barrancos, que crescem com uma inclinação acentuada para buscar a maior quantidade de luz possível, ou pelo adernamento provocado por processos de rastejo, conforme a árvore cresce e ganha peso, pode haver perda de resistência no solo suficiente para mantê-la de pé. Inclinações a partir de 40° merecem atenção especial e monitoramento, pois influências externas de menor proporção podem ser determinantes no colapso (**Figura 30**).

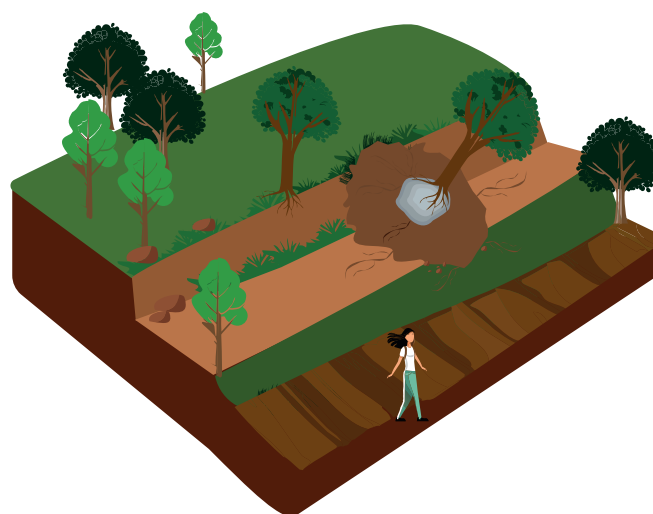


FIGURA 30 – Árvore inclinada decorrente de movimento de massa por ruptura do solo.

As plantas possuem ainda a capacidade de se desenvolver em busca ou fugindo da luz, dependendo da incidência e características da espécie. Este conceito é conhecido como **fototropismo**, positivo quando o crescimento é em direção à luz, e negativo quando o crescimento é oposto à fonte de luz. Em áreas naturais, com adensamento e composição sucessional adequados da vegetação, espera-se que o desenvolvimento seja mais retilíneo e uniforme. Contudo, a abertura de clareiras, pela queda ou remoção de árvores, tende a aumentar a incidência solar no sub-bosque, fazendo com que as árvores ramifiquem ou adernem mais. As trilhas acabam exercendo esta função de clareira, sendo muito comum que árvores das bordas do talude de corte, à montante ou jusante da trilha, se inclinem em busca da luz (**Figura 31**).

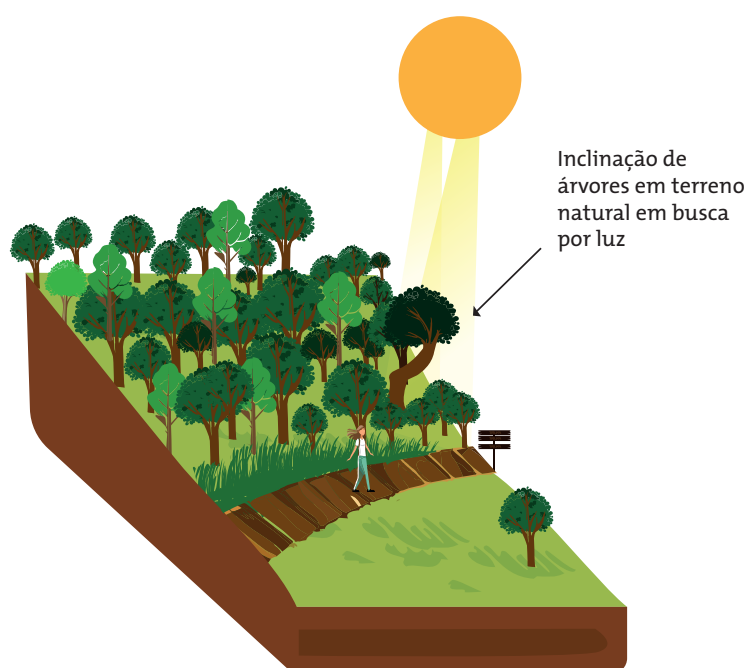


Figura 31 – Fototropismo

Portanto, o **adernamento** das árvores pode ter diferentes origens. Uma característica a se observar é a localização e quantidade de árvores inclinadas em uma área. Poucas árvores inclinadas ou tombadas próximas à borda de clareiras ou de trilhas, tende a ser por fototropismo ou senescência. Diferentemente do que ocorre em uma situação de rastejo ou movimentação do solo, em que muitas, ou mesmo todas as árvores da área afetada ganharão inclinação.



Apesar da dimensão dos impactos de quedas de árvores em áreas naturais ser potencialmente menor que em áreas urbanas, ou que aos efeitos de movimentos de massa, o risco para os usuários e estruturas das trilhas deve ser considerado, especialmente pela recorrência destes eventos.

Escorregamento versus Vegetação

Muitas vezes é dito que a ausência da composição arbórea na paisagem é a principal responsável pelos eventos da dinâmica superficial. Isto é verificado em escalas menores, na redução da velocidade do escoamento superficial, redução do impacto das gotas de chuva no solo e na infiltração da água no solo. Porém, eventos maiores de escorregamento, por exemplo, não são reduzidos pela presença da arborização, pois as condições de declividade, profundidade de solo, saturação do solo por água, características das rochas, propiciam os movimentos de massa.



Vegetação versus Poluição

Na década de 1980 a região da Serra do Mar foi severamente afetada por processos de escorregamentos e pela poluição do Polo industrial de Cubatão, que está localizado no final do vale do rio Mogi. A poluição atmosférica emitida pelas chaminés era conduzida pelos ventos em direção ao vale, subindo a Serra do Mar neste trecho. Os poluentes afetaram a vegetação, produzindo o desfolhamento e consequente morte de muitos indivíduos. Concomitantemente, neste período ocorreram diversos escorregamentos nas encostas da Serra do Mar, formando cicatrizes imensas de perda de solo e de vegetação. Ao longo da década seguinte, com participação do IPT, um processo de restauração florestal foi implementado, com a dispersão de sementes de espécies locais. Contudo, grande parte do que regenerou é composto por espécies pioneiras e iniciais, com ciclos de vida mais curtos, que agora, passados cerca de 30 anos, estão entrando em senescência e morrendo.

4.5 CENÁRIOS DE RISCO NA SERRA DO MAR

Os principais processos superficiais que causam frequentes acidentes na região da Serra do Mar no estado de São Paulo são aqueles associados às enxurradas e aos movimentos de massa, principalmente os escorregamentos e corridas de massa.

No contexto dos trabalhos desenvolvidos para o uso público de trilhas, os processos de enxurradas mais preocupantes são aqueles ocorrentes na região serrana, caracterizados por processos de vazões violentas, alta energia cinética e com alta capacidade de transporte de material sólido e volumes consideráveis de água. Há uma série de bacias hidrográficas sujeitas a geração desta tipologia de processo na serra.

Os rios e córregos que nascem no alto da serra apresentam alto gradiente e suas águas descem com velocidade e alta energia e, capacidade de transporte de material sólido. As condições topográficas, as dimensões e forma das bacias, a quantidade de material disponível nos canais de drenagem e a possibilidade de eventos de chuvas bastante intensos e em curtos períodos favorecem a geração deste tipo de fenômeno.

Em muitas trilhas é muito comum cruzar estes pequenos rios e córregos serranos que apresentam alta suscetibilidade a ocorrência destes fenômenos.

Há diferentes cenários de risco associados aos escorregamentos e que podem atingir trechos de trilhas serranas. Esses escorregamentos são classificados segundo a combinação de diferentes critérios, tais como: a sua gênese, tipo de movimento e natureza do material mobilizado. Na região do litoral paulista, as condições fisiográficas dos terrenos e climáticas presentes, favorecem a ocorrência de variados tipos de escorregamentos, cujo conjunto de características próprias associadas (geometria, raio de alcance, material mobilizado, velocidade de escoamento e im-



QUER SABER MAIS?

- A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes (SANTOS, 2004)
- Debris flow na Serra do Mar (CUNHA et al., 2022)

pacto destrutivo) define diferentes situações e cenários de risco.

Os cenários de risco também incluem a queda de árvores em áreas florestais e turísticas. Diferentemente dos centros urbanos, em áreas naturais o monitoramento da condição da arborização geralmente não ocorre de forma individualizada, sendo comum que eventos climáticos ou de movimentos de massa produzam a queda de indivíduos. Por vezes a ocorrência se dá nos locais com atrações turísticas, afetando as trilhas, as estruturas de acesso e áreas de descanso.

Nestes ambientes é muito importante o monitoramento das previsões climáticas, a atenção à indícios de movimentação do solo e de adernamento e senescência das árvores, tentando antecipar situações de risco, fechando as áreas turísticas caso necessário.

Cenários de Risco na Serra do Mar

Cenários de risco

associados a

ESCORREGAMENTOS

- Movimentos de massa do tipo corridas (fluxos – escoamentos)
- Escorregamentos naturais de grande porte
- Escorregamentos planares rasos (isolados ou generalizados)
- Rastejos e depósitos em talus
- Escorregamentos envolvendo materiais rochosos (quedas – rolamentos - deslocamentos)

Cenários de risco

associados a

ENXURRADAS

- Enxurrada com alta energia de escoamento em cursos d'água serranos
- Enxurradas com alta carga de material sólido

Cenários de risco

associados à

QUEDA DE ÁRVORES

- Senilidade e senescência das árvores
- Adernamento por fototropismo + fatores climáticos extremos (vento e chuva)
- Adernamento por movimentação do solo



INTERVENÇÕES

**GARANTIR QUE PESSOAS POSSAM CONHECER E DESFRUTAR
DAS TRILHAS DA FORMA MAIS SEGURA POSSÍVEL**

As características do relevo e atrativos turísticos costumam definir o formato e dificuldade das trilhas, podendo ser mais longas, declivosas, irregulares, com travessias de rios, circulares, lineares, com variantes, atalhos etc.

Muitas vezes, uma trilha mal estruturada limita o perfil do público visitante, ou impõe riscos evitáveis. Por esta razão é essencial estudar as características do relevo, a composição do solo e as características da vegetação antes de iniciar a estruturação de uma trilha. Um bom diagnóstico será a base para uma boa trilha.

No entanto, por melhor que uma trilha seja planejada e suas estruturas construídas, com materiais e técnicas adequados, poderão ocorrer processos naturais e físicos, do solo, da encosta e climáticos, que afetarão a trilha e, eventualmente, será necessário substituir, reconstruir ou modificar algum elemento da estrutura ou do traçado da trilha.

A estruturação adequada, além de permitir que um maior número de pessoas possa acessar o local e conhecer seus atrativos, também confere segurança, sem, necessariamente, tornar a trilha “mais fácil”. Trilhas em regiões serranas normalmente impõem dificuldades físicas ao usuário por transpor variações altimétricas consideráveis e estar suscetível às alternâncias climáticas frequentes, como ocorrência de chuva, neblina, vento

e frio. Estes fatores não são alterados quando a trilha recebe contenções de processos erosivos, barreiras de direcionamento do escoamento superficial de água, corrimões e degraus em trechos de maior inclinação ou escorregadios. Estas estruturas apenas garantem um acesso mais seguro, conferem certa estabilidade ao terreno e permitem a recuperação de danos por processos naturais de erosão, por exemplo.

A estruturação passa por avaliações locais que busquem a interrupção e recuperação de processos de degradação ambiental, principalmente o desenvolvimento de erosões laminares, ravinas e pequenos escorregamentos. É importante aprender a observar o ambiente e compreender quais são os fatores que podem produzir danos e riscos. O objetivo deve ser sempre garantir que mais pessoas possam conhecer e desfrutar das trilhas da forma mais segura possível, e isso passa por dar condições de percurso e sensibilizar a necessidade de respeito consigo e com a natureza.

Os estudos prévios devem caracterizar as condições físicas na trilha, como adensamento do solo, aclives, declives e inclinações, caracterização dos solos, solos expostos e processos erosivos, cobertura vegetal, concentrações, saturações e surgências d’água, estabilidade de taludes, discontinuidades das trilhas e travessias ou transposições de cursos d’água.

Princípios	Objetivos
Piso caindo para fora	Projetar e manter trilhas que irão permanecer abertas e utilizáveis por longo tempo
Declividades sustentáveis	
Frequentes inversões de declividade	Projetar e manter trilhas cujo piso não acabe sendo erodido pela água e pelo uso
Resistência à erosão	
Traçado cruzando a encosta em leve diagonal	Projetar e manter trilhas que não afetem a qualidade de água ou do ecossistema natural
Escoamento natural da lâmina d’água para fora da trilha	Projetar e manter trilhas que satisfaçam as necessidades de seus possíveis usuários, e ofereçam uma experiência positiva
Experiências positivas com o usuário	Projetar e manter trilhas que não prejudiquem o ambiente natural
Baixa manutenção	

Fonte: SMA (2009)

Com este intuito, diversas intervenções foram planejadas e executadas no complexo de Trilhas do Núcleo Itutinga-Pilões em Paranapiacaba. Estas intervenções priorizaram o conceito de bioengenharia de solos, reforçando o uso de materiais naturais e alterações mínimas na estrutura, utilizando basicamente solo e madeira, e eventualmente o emprego de argamassa em situações específicas, bem como a promoção da regeneração natural da vegetação local.

A seguir são apresentadas estas e outras intervenções possíveis, expondo sua função, forma de construção e medidas de manutenção. Em síntese, as estruturas podem ser agrupadas de acordo com a principal função que exerce, como: mobilidade; travessia e transposição; contenção; drenagem e mirante.

5.1. MOBILIDADE

As ações e estruturas que permitem melhorias para a mobilidade nas trilhas foram divididas em cinco tipos. Todas visam o conforto, a segurança e tornar a atividade mais agradável.

Limpeza da vegetação:

As travessias por trilhas em áreas de preservação exigem o clareamento em dimensões adequadas ao deslocamento dos visitantes, proporcionando um mínimo de impacto. A limpeza é necessária na abertura da trilha, durante a etapa de transporte e construção das estruturas, e deverá ser mantida uma frequência no corte da vegetação que adentre aos limites do passeio, evitando colisões e esforços despendidos ao evitar o impacto.

A limpeza também deve ser utilizada na remoção ou redução da densidade de vegetação exótica ou de desenvolvimento acelerado e prejudicial às demais formas de vida, como ocorre com algumas espécies de bambu. Esta ação é essencial para um melhor desenvolvimento e recuperação da vegetação nativa, e

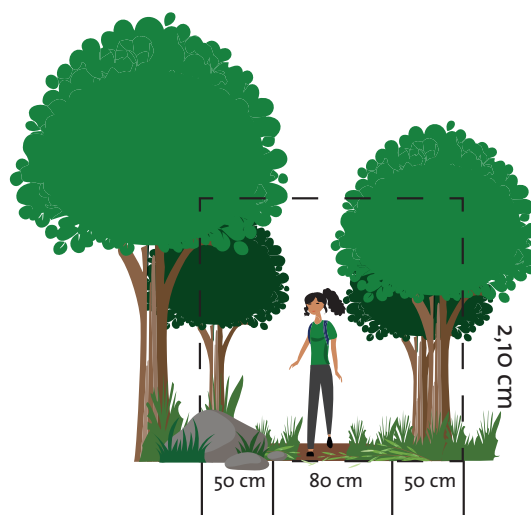
em processos de restauração florestal, com o plantio de mudas ou na condução da regeneração natural.

A limpeza deve ser cuidadosa de modo a evitar danos em indivíduos adultos ou o corte equivocado de plantas jovens. Assim, será priorizado o uso de facões, tesouras de poda e foices, garantindo maior controle na execução. O uso de motosserras é necessário quando da remoção de galhos e troncos projetados na área de circulação dos visitantes, caídos sobre a trilha, oferecendo riscos ou danificando a trilha e suas estruturas.

Todo o material vegetal cortado deverá ser depositado nas laterais fora da trilha - para que apodreça e a matéria orgânica seja reincorporada ao sistema -, mas com cuidado para não obstruir a passagem de água em corpos d'água ou afetar o escoamento da drenagem superficial.

Manutenção:

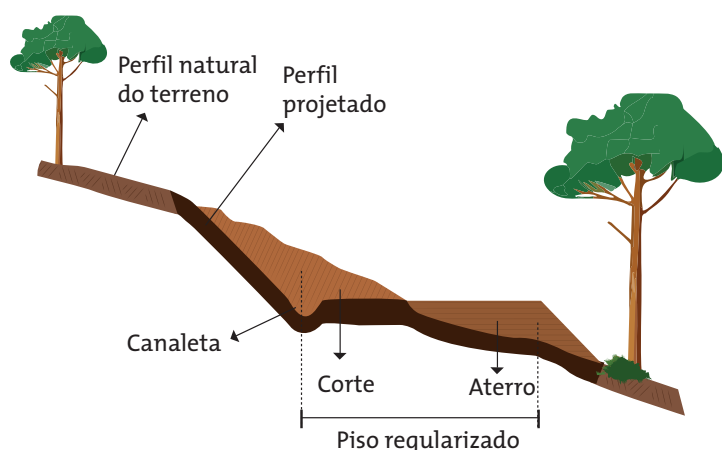
A limpeza é a atividade de maior recorrência, devendo ser executada sempre que for identificado algum galho ou árvore conflitando com a área de passagem dos visitantes, e quando a vegetação se desenvolver a ponto de obstruir ou atrapalhar a condução do público. A vegetação crescerá mais rapidamente nos períodos úmidos e quentes, sendo necessário maior atenção e empenho entre os meses de outubro e abril.



Regularização do piso:

A regularização visa nivelar o piso com objetivo de proporcionar um deslocamento mais agradável aos visitantes e o adequado escoamento da água nas superfícies, garantindo sua infiltração e o direcionamento para as bordas, de forma a evitar o desenvolvimento de processos erosivos e o empoçamento.

Assim, deve-se manter uma inclinação transversal suave, por volta de 3-5%, e uma largura ideal de passeio, de no mínimo 80 cm, permitindo o deslocamento seguro. Em alguns locais pode ser necessário alterar o formato natural do terreno, removendo uma parte do barranco à montante e aterrando o material à jusante, de forma a garantir a largura mínima e segura. O solo deve ser compactado, evitando muita remoção pelo escoamento superficial da água.



Manutenção:

A manutenção do piso deve ser feita a fim de restaurar as condições do leito da trilha, eliminando eventuais irregularidades provocadas por erosão ou desgaste provocado pelo seu uso. Eventualmente pode ocorrer processo de movimento de massa, com solo e rochas ocupando a parte superior da trilha ou a perda de solo à jusante. Estas situações devem ser cuidadosamente avaliadas por especialistas, para evitar ações que possam agravar a condição.

Toda extensão das trilhas deve ser inspecionada rotineiramente em busca de sulcos e

irregularidades, perda de solo ou acúmulo de materiais que possam prejudicar as condições de uso, idealmente a cada uso, ou no mínimo uma vez por semana. Contudo, após períodos ou eventos de chuva intensa a inspeção deve ser realizada assim que possível.

Para a manutenção de rotina, equipamentos como enxada, enxada, pá, carrinho de mão e compactadores manuais são imprescindíveis.

Degraus em madeira:

Destinam-se a travessia de áreas íngremes com declividades superiores a 20% ou ângulo de 12°. As dimensões de altura e profundidade dos degraus é variável, de acordo com as condições do terreno, porém, é importante se atentar à condição de conforto ao transpor os degraus. Muito altos demandam maior esforço, muito baixos podem ser incômodos ou gerar tropeços. Se propõe uma condição definida pela soma dos comprimentos de dois planos verticais mais um plano horizontal totalizando de 60 a 66 cm.



Em terrenos de menor declividade e onde o solo permitir cada peça de madeira - meia cana com diâmetro de 15 cm e comprimento de 90 cm - poderá ser fixada na trilha com o emprego de duas estacas de vergalhão de aço de construção.

Fatores de degradação são o acúmulo de água, de excesso de serapilheira, o desenvolvimento de vegetação nos degraus e a passagem de água superficial em maior velocidade, propiciando erosões. Assim, deve-se proceder para

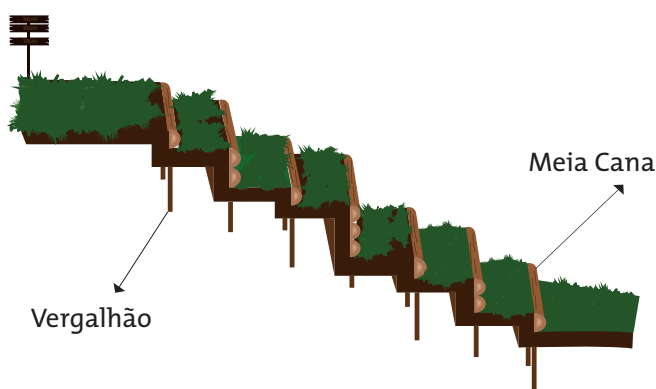
permitir o escoamento de água à montante dos degraus, por exemplo inserindo barreira transversal, a limpeza dos resíduos, melhora da compactação do solo nos degraus.

Manutenção:

Verificação do estado da fixação das peças de meia-canais, da condição do solo no piso do degrau, principalmente na extremidade onde há escoamento de drenagem, e do estado da madeira das meia-canais e do vergalhão de fixação. Idealmente deve-se avaliar a condição a cada utilização da trilha, não ultrapassando o intervalo máximo de 30 dias.

Quando necessário, deve-se proceder com a regularização e compactação do solo do degrau da escada, e melhoria da fixação da meia-cana, caso haja necessidade. Peças de madeira e vergalhões de aço que apresentem problemas de deterioração devem ser substituídos, caso comprometam a segurança.

As principais ferramentas na manutenção pode ser enxada, enxadão, martelo, cavadeira e marreta.



Guarda-corpo e corrimão de madeira:

Estrutura para apoio ao transitar em locais estreitos ou inclinados, conferindo segurança e delimitando a área de passagem dos visitantes. São estruturas similares, diferenciadas pelo distanciamento entre os caibros superior e inferior, havendo no guarda-corpo maior distância,

evitando que alguém passe por baixo da estrutura. São fixados mourões de madeira no solo, em profundidade de cerca de 0,8 metro, com altura externa entre 1,0 e 1,2 metro, distanciados a cada 1,5 a 2 metros, unidos por caibros em duas alturas, estes parafusados aos mourões.



Manutenção:

Deve-se atentar para indícios de deslocamento ou degradação das peças, como inclinação e peças soltas, vibrando em demasia, rachaduras largas e extensas e apodrecimento das madeiras, especialmente os mourões. Também deve-se atentar para galhos e troncos caídos sobre a estrutura ou com risco de queda, providenciando a remoção.

Sempre que necessário, devem ser feitos reforços para garantir a estabilidade da estrutura ou a substituição de partes deterioradas. As inspeções devem ser feitas em toda utilização da trilha, apontando defeitos e fragilidades, ou no máximo a cada 60 dias.

As principais ferramentas na manutenção pode ser enxada, enxadão, martelo, cavadeira e marreta.

Escada vertical:

Este tipo de escada é utilizado para transpor um desnível íngreme, situações em que outras estruturas não se adequam. Pode ser metálica, como uma escada de mão, chumbada na rocha, ou de madeira, com corrimãos, e presa em rochas ou no solo por sapatas chumbadas.

Manutenção:

Deve-se atentar para indícios de deslocamento ou degradação das peças, como inclinação e peças soltas, vibrando em demasia, rachaduras largas e extensas e apodrecimento das madeiras. Caso seja necessário pelas condições de integridade da estrutura, partes ou toda a estrutura deverá ser reposta. A inspeção deverá ocorrer a cada uso da trilha, não ultrapassando o intervalo de 60 dias.

As ferramentas para a manutenção dependerão do material da escada e da forma de fixação. Assim, poderão ser necessários enxada, enxada, martelo, marreta, chave de fenda, philips ou alen, picareta, pá e furadeira.



5.2. DRENAGEM

As estruturas que visam disciplinar o escoamento das águas em superfície foram divididas em dois tipos. São intervenções relativamente simples e minimizam o impacto do acúmulo da água no passeio.

Barreira transversal:

Objetiva coletar e conduzir as águas que correm ao longo da trilha, de modo a evitar o desenvolvimento ou agravamento de processos erosivos, alagamentos na trilha, gerando dificuldades para os usuários e degradação ambiental. É comum que em áreas alagadas a trilha seja alargada para a passagem de pessoas

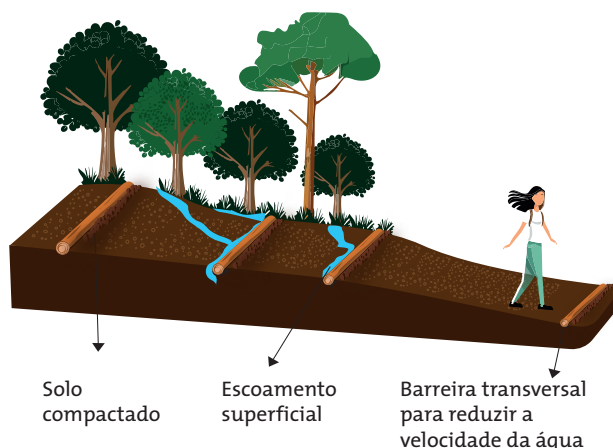
pelas bordas, afetando a vegetação e compactando o solo nas laterais.

A barreira transversal não deve ser instalada em trechos planos, apenas naqueles com inclinação superior à 3%, garantindo o escoamento. Devem ser implantadas pequenas valetas, com uma tábua plana ou meia cana como barreira, destinadas a coletar e conduzir as águas, desviando da trilha. É aconselhável adicionar no ponto de fuga da água algum elemento de quebra de velocidade, a fim de reduzir o impacto no solo, como blocos de rocha.

Manutenção:

Importante atentar para a limpeza da valeta, em especial na saída, à jusante, onde há tendência de acúmulo de material, permitindo o constante escoamento. Quando esta limpeza não é realizada a tempo, a vazão é reduzida ou interrompida por completo, a barreira perde sua função, e a água do escoamento superficial volta a correr longitudinalmente na trilha.

Recomenda-se monitorar as condições da barreira ao menos a cada três meses, para garantir que se encontra estável, bem fixada ao solo e sem deterioração importante. Porém, pela facilidade e importância no funcionamento da estrutura, a limpeza deve ser realizada toda vez que se notar um princípio de entupimento, removendo com os pés, um galho o excedente de material. A cada mês é importante garantir a profundidade adequada da valeta com o uso de uma enxada ou enxada.



Valeta:

Tem o intuito de escoar a água que gera empoçamentos e alagamentos em locais planos ou pontos baixos na trilha. Funciona como um dreno, uma tubulação aberta vindo da borda do alagamento até a lateral da trilha, à jusante, coletando o excedente que não infiltrou no solo e dispersando na borda. Pode ser simples, apenas um “rasgo” no solo, feito com um enxadão, pá, picareta etc., ou mais elaborado, recoberto com brita ou pequenos blocos de rocha sobrepostos e recobertos com uma camada de solo. Importante atentar para a limpeza da valeta, em especial na saída da água, permitindo o contante escoamento, ou há tendência de acúmulo de material.

Manutenção:

A situação deve ser avaliada ao menos mensalmente ou sempre após chuvas, onde ocorre transporte de sedimentos, galhos e folhas, podendo entupir o sistema de drenagem. A remoção do excesso de sedimentos pode ser feita manualmente ou com pás, enxadas e enxadões.

5.3. CONTENÇÃO

As estruturas que visam estabilizar encostas e recuperar processos erosivos foram divididas em três tipos. São intervenções de maior complexidade e que visam evitar o desenvolvimento ou a evolução de processos de movimentações de massa.

Barragens sucessivas de contenção de sedimentos:

A técnica de uso de barragens sucessivas de contenção de sedimentos é utilizada na correção de solo, com a presença de erosão por sulcos (ravinas). A adoção das barragens é altamente recomendável para trilhas, não somente para a recuperação do solo, mas também, para o não comprometimento de todo o trabalho a ser implantado, como degraus de madeira e corrimão.

A sugestão mais recorrente é a implantação das barragens a cada dois metros, atenden-

do as dimensões de largura e altura do sulco. São inseridas pranchas meia cana no solo, ao menos duas, mas eventualmente três, dependendo da largura, e tábuas são fixadas transversalmente com parafusos, formando a barragem.

Conforme o fluxo de água superficial carrega sedimentos e chega às barragens, este material fica retido e a água segue seu caminho com velocidade reduzida. Conforme as barragens à montante são preenchidas, as subsequentes passam a receber sedimentos, até que todas as barragens estejam cheias e o perfil do relevo recomposto. Ao longo deste processo é comum notar o desenvolvimento da vegetação no solo acumulado pela barragem.



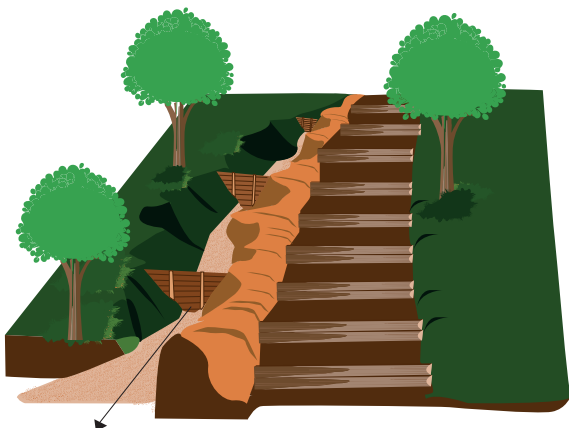
Manutenção:

Deve-se atentar para que as barragens, ao serem completamente preenchidas, não percam sua função de redução de velocidade. Portanto, é importante avaliar a necessidade de remover parte do material quando isto ocorrer, evitando a reativação do processo erosivo. Espera-se que a vegetação passe a ocupar estas áreas, agindo na contenção de sedimento e reduzindo a velocidade do fluxo de água superficial.

Importante avaliar se a estrutura da barragem está estável ou se apresenta inclinação, deformação, ou se as peças estão bem fixadas. Esta avaliação pode ser realizada semestralmente. Também deve-se verifi-

car se há o desenvolvimento de vegetação indesejada, como bambus, gramíneas ou outras espécies exóticas, removendo-as assim que possível.

Nos reparos devem ser utilizadas pás, enxadadas, martelos e pregos, tesouras de poda e facões.



Sulco erosivo com implantação de barragens para contenção de sedimentos

Estabilização com contenção de madeira:

Barreira de madeira para conter o solo em cortes nos barrancos à montante ou à jusante da trilha, nos quais não possam ser mantidos ângulos iguais ou menores de 45° , agindo como muros de contenção.

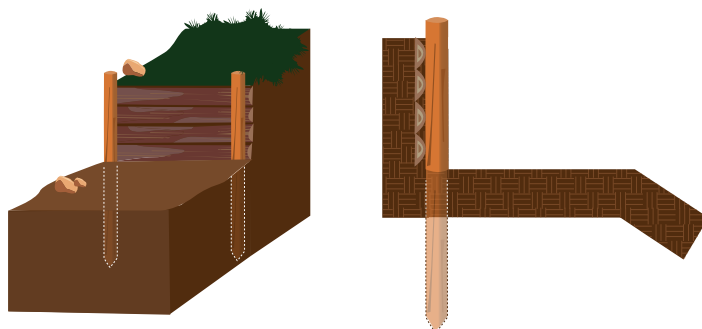
Sua dimensão depende do tamanho do corte e do barranco. A construção emprega toras roliças como estacas cravadas no solo. Transversalmente às estacas, são fixadas tábuas ou meia canas, formando uma parede de contenção.



Manutenção:

Nesta estrutura, principalmente nas contenções mais robustas, é importante observar indícios de movimentação do solo ou de inclinação da estrutura. Assim, rachaduras e subsidência do solo, embarrigamento das madeiras e inclinação da estrutura, tanto na porção superior quanto na inferior, são sinais de alerta.

As manutenções neste tipo de estrutura podem ser delicadas, uma vez que podem estar suportando grande peso e volume de material, solo e blocos de rocha. A substituição de poucas tábuas ou meia canas é possível, caso necessário. No entanto, havendo inclinação ou embarrigamento da estrutura, pode ser necessário interditar o local e recorrer à opinião de especialistas, como geólogos e engenheiros geotécnicos, para avaliar a condição e alternativas.



Estabilização com solo ensacado:

Utilizado como medida de contenção e recuperação de taludes erodidos pelo baixo custo e efetividade, quando bem implantado. Os sacos com o solo preparado podem ser transportados prontos ou montados na destinação final, onde há a superfície de ruptura. A quantidade de sacos a ser utilizada deve ser suficiente para que o talude seja recomposto, de maneira que o próprio peso dos sacos mais a pressão do talude instável estejam em equilíbrio. O sistema prevê maior resistência com o passar do tempo e hidratação do conteúdo, até quando a função da contenção do solo com o saco se tornará desnecessária.

Pode ser adotada solução apenas com solo, com solo cimento, e com semeadura de sementes, visando o crescimento de vegetação nativa. Para o uso de cimento, a indicação é que o preparo da mistura ocorra no local da execução, de modo que o cimento ainda esteja úmido e maleável para que o saco seja moldado no terreno, garantindo maior resistência e melhor acomodação.

Para a confecção e preenchimento dos sacos será necessário ferramentas como pá, enxada, enxadão, picareta, entre outros. O solo poderá ser coletado no entorno do local de execução, mas caso seja necessário poderá ser adquirido externamente ao ambiente, desde que se garanta que o material seja inerte, sem propágulos exóticos e potencialmente prejudiciais ao ambiente.

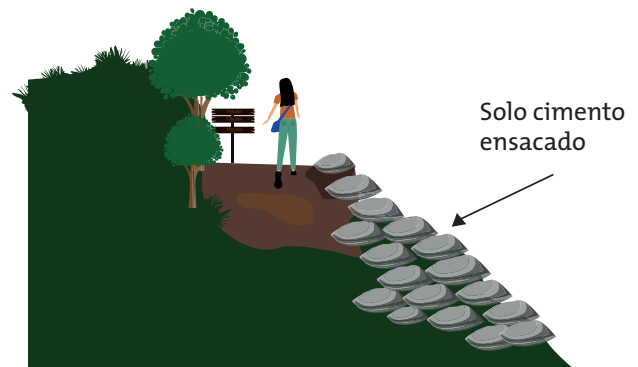
Manutenção:

Quando bem realizada, esta técnica exige mínima manutenção, pois acaba sendo recoberta pelo solo do local e a vegetação se desenvolve sobre ela. Contudo, eventualmente o escoamento superficial encontra novos caminhos e inicia outros processos erosivos, perdendo a condição de estabilizar a encosta. Assim, é importante alinhar o procedimento de estabilização da encosta com a adequada orientação do escoamento superficial, reduzindo a velocidade do fluxo e os impactos subsequentes.

Os reparos devem garantir a qualidade da estrutura, podendo substituir sacarias ou adicionar outras. Também é possível incluir barreiras de madeira tratada, mesclando as duas técnicas de contenção, além das barreiras transversais ou valetas drenantes no leito da trilha, permitindo a infiltração da água no solo e reduzindo a velocidade do escoamento.

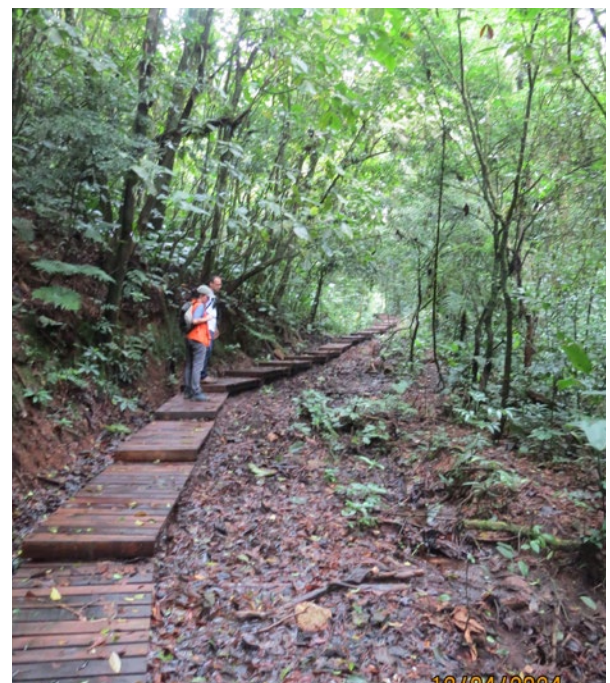
As inspeções devem ser rotineiras, a cada utilização da trilha, com uma análise visual, buscando evidências de perda de solo ou deslocamento dos sacos. Semestral-

mente é importante analisar com mais atenção, verificando se há boa compactação do solo, com ausência de partes ocas.



5.4. TRAVESSIAS E TRANSPOSIÇÕES

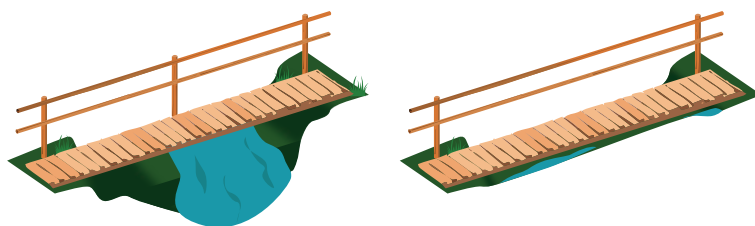
As estruturas para travessias e transposições de corpos d'água, áreas alagadas e terrenos irregulares podem receber muitas denominações, como estivas, passarelas, pontes, pinguelas etc., assim dividimos este tipo de estrutura em dois tipos.



Estivas/passarelas:

Para a travessia de áreas constantemente alagadas ou muito irregulares, pela composição do solo por blocos de rocha ou desníveis variados. Poderão ser constituídas por dois troncos

de madeira paralelos com face superior parcialmente aplainada e com pisos de tábuas pregados transversalmente aos troncos, formando passarelas planas ou inclinadas, contínuas ou com degraus ao longo do terreno.



Pontes:



A travessia de pequenos cursos d'água poderá ser viabilizada através de pinguelas sob vãos de até 5,00 metros. A construção é semelhante às estivas, contudo são inseridos no solo, em cada um dos quatro vértices, mourões a profundidade de 0,8 m, aos quais são fixados os troncos. Também são adicionados guarda-corpos, em um ou em ambos os lados.

Para cursos d'água maiores poderá ser necessário a implantação de ponte com maior dimensão. O projeto será elaborado de acordo com as características do terreno, do curso d'água, da bacia hidrográfica e do tipo de travessia desejada (por exemplo, ponte pênsil, estaiada ou em viga).

Manutenção:

A limpeza rotineira é o principal elemento de manutenção deste tipo de estrutura, evitando o acúmulo de galhos, folhas e solo, o que pode acelerar a deterioração da madeira e torná-la escorregadia.

Para as pontes é essencial remover todo o material carregado pelo curso d'água e que possa ficar preso no vão da estrutura, como galhos e entulhos. O acúmulo deste material pode formar uma barragem no leito do rio, comprometendo seu fluxo e podendo causar sérios acidentes. Deve-se atentar aos indícios de deslocamento das estruturas, movimentações de solo e rochas, fatores que podem indicar um risco potencial. Como descrito no Capítulo 3, a água é o principal elemento de modificação do relevo em ambientes serranos. Assim, as estruturas diretamente relacionadas com as travessias de drenagem podem representar situações de risco.

As estruturas de travessia e transposição de drenagens devem ser avaliadas rotineiramente, com verificações não mais longas que 60 dias. Indícios de deterioração como apodrecimentos e rachaduras podem indicar a necessidade de substituição de peças. Tábuas que se desprendam devem ser novamente pregadas. Caso seja verificado que a estrutura está solta ou deslocada, deve-se avaliar a necessidade de desmontar parte da estrutura para melhor fixá-la.

As principais ferramentas para a manutenção podem ser martelo, cavadeira, marreta, furadeira a bateria, chaves diversas, motosserra, alavanca, entre outros.

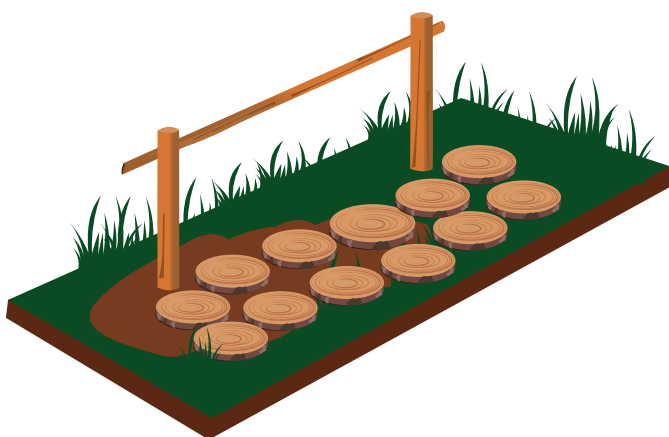
Travessia de áreas com empoçamento:

Áreas planas ou partes baixas das trilhas tendem a acumular água e gerar empoçamentos, caso a constituição do solo seja favorável. Como citado, esta condição geralmente faz com que o visitante desvie, evitando molhar seus pés. A consequência é o alargamento da faixa de passagem de pessoas. Por vezes, no entanto, a lâmina é rasa, e não é necessária uma intervenção robusta, como uma estiva ou passarela. Nestas situações, a acomodação justaposta de blocos de rocha, de tamanho e forma apropriados, ou de bolachas de madeira e cortes transversais de troncos, dispostos sequencialmente, pode ser suficiente para transpor a área alagada. Também pode ser utilizada na entrada e saída de passarelas e pontes, onde haja maior concentração de água, evitando formar lama, que é carregada pelos calçados dos visitantes para o tablado da travessia, podendo gerar um pavimento escorregadio.

Esta técnica é recomendada pela facilidade de execução e de obtenção dos materiais, que podem ser encontrados ao redor da trilha ou gerados como resíduos de limpezas das trilhas ao cortar árvores caídas. A confecção é manual, requerendo ferramentas para cortar troncos ou para soltar e mover rochas maiores.

Manutenção:

Pela simplicidade da estrutura, em geral a manutenção trata da troca das peças de madeira utilizadas, que venham a se deteriorar ou ficar soterradas, perdendo sua função, ou pela reposição de blocos de rocha removidos ou soterrados.

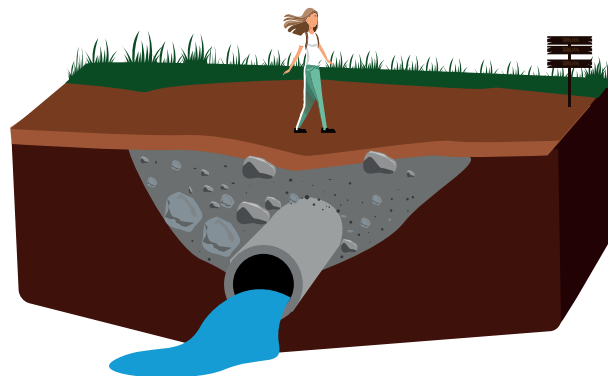


Galeria:

As galerias são sistemas de travessia da drenagem sob a trilha por tubo, que pode ser de concreto. Esse sistema prevê a passagem de escoamento com um tubo com diâmetro a ser definido em projeto. O tubo deverá ser posicionado no ponto mais baixo da trilha. Deve-se envelopar o tubo para evitar deslocamentos. Para proteção, a cobertura poderá ser feita em solo compactado. Assemelha-se ao que é utilizado em drenagens urbanas enterradas.

Em situações de trilhas recomenda-se o uso em trechos curtos, evitando intensas alterações na dinâmica fluvial, e o entupimento do sistema por galhos, folhas, solo e rochas. A instalação ocorre na parte mais baixa da trilha, junto à drenagem que a corta.

Escava-se uma vala transversal onde o tubo será colocado. Após o travamento de sua posição, com blocos de rocha, e quando necessário argamassa ou cimento, o solo residual é compactado ao redor do tubo até atingir o nível da trilha.



Manutenção:

A manutenção deste tipo de sistema tende a ser eventual, desde que a limpeza seja feita com frequência. O acúmulo de galhos, folhas e rochas tende a bloquear o tubo, formando uma barragem. O nível da água sobe e extravasa sobre a trilha, podendo causar grandes prejuízos.

Deve-se atentar para indícios de movimentação e deslocamento do tubo e evidências como trincas ou subsidência do solo. Eventualmente a troca do tubo será necessária.

A cada visita, especialmente após chuvas, é recomendável realizar inspeções para evitar o entupimento, removendo manualmente ou com auxílio de uma pá ou enxada todo material preso, e buscar indícios de movimentação.

5.5. MIRANTES



Deck:

Plataforma de madeira ou metal com a função de contemplação da paisagem, elevando a posição dos visitantes de forma segura e estável. Toda estrutura, desde as escadas ou rampas de acesso até seu perímetro, deverão possuir guarda-corpo. Pode ser fixado no solo por mourões de madeira tratada cravados em profundidade variada, mínima de 0,8 m, ou fixado em rocha por sapatas chumbadas.

Este tipo de estrutura é dimensionado para cada local em que se pretende instalar, e assim as condições a serem observadas também são específicas. A ancoragem e arquitetura

da estrutura devem considerar os fatores que podem propiciar situações de risco, devendo ser resistente à ação do vento, chuva e insolação, por exemplo.

Manutenção:

Por se tratar de estrutura que geralmente está instalada na borda de terreno íngreme e com alta solicitação de carga pela concentração de pessoas, as inspeções devem ser especialmente cuidadosas e seguir protocolo rigoroso.

A observação aos detalhes construtivos e no terreno no qual a estrutura foi instalada pode mitigar danos e riscos às estruturas e às pessoas. Alguns fatores podem ser indícios da necessidade de reparo, substituição de partes ou mesmo interdição de estruturas. No terreno próximo é importante observar o aparecimento de rachaduras, processos erosivos e escorregamentos, que indiquem alguma movimentação no solo; e nas estruturas observar indícios de deterioração dos materiais (apodrecimento da madeira, corrosão intensa do metal) ou desprendimento e deslocamento das peças, rachaduras ou mesmo ruptura de componentes das estruturas. As verificações podem ocorrer a cada visita, não ultrapassando o período de 30 dias.



Os procedimentos de manutenção compreendem: a limpeza com remoção de folhas e galhos; substituição de estruturas, como tábuas de madeira e guarda-corpo; reforço com parafusos; bem como a substituição de partes maiores. Estes procedimentos visam garantir a melhora da estabilidade da estrutura como um todo.

Em algumas situações pode ser necessário o uso de martelo, marreta, furadeira a bateria, cavadeira, chaves diversas, motosserra, entre outros.

Torre:

Estrutura, geralmente de madeira, com a função de mirante, permitindo a contemplação da paisagem em posição elevada de forma segura e estável. Existem diversos modelos possíveis para construção, e as condições locais devem ser cuidadosamente analisadas para garantir a resistência do material e estabilidade. Exposição ao vento, capacidade de carga, tipo de solo para engastamento de pilares, espécie da madeira, entre outros, são considerações importantes, que devem ser ponderadas e projetadas corretamente.

A estrutura básica é composta por quatro pilares, em geral de madeira roliça, engastados no solo a uma profundidade adequada e com travamentos de formas variadas. No topo há uma plataforma constituída por tábuas e guarda-corpo ao redor do perímetro. Para acesso, em geral é construída uma escada, que também pode ser de diferentes modelos, como escada de mão, escada em espiral internamente à estrutura, externa em zigue-zague ou ao redor da estrutura. A altura dependerá do objetivo específico da torre.

Desta forma, a construção de estruturas deste porte e função depende de equipe especializada e experiente, com elaboração de projeto executivo, que deverá considerar materiais e dimensionamento adequados.

Manutenção:

De forma semelhante aos decks de madeira, as torres são estruturas robustas, e quando construídas adequadamente, podem durar mais de 20 anos, necessitando esporadicamente de substituição de peças menores que se deterioreem mais rapidamente ou quebrem, como tábuas de degraus e caibros dos guarda-corpos. Deste modo, a rotina de inspeções é essencial, verificando se há descoloração, rachaduras, apodrecimentos, peças soltas, ganho de inclinações, entre outras possibilidades.

Em um primeiro momento, a manutenção será realizada de forma a evitar o desenvolvimento de danos, com a limpeza rotineira, removendo folhas, galhos e solo que venham a se acumular. Em menor frequência, a fim de garantir a funcionalidade da estrutura por completo, poderá haver a substituição das partes que forem necessárias, e, eventualmente, a reconstrução de porções maiores da estrutura.

Pela robustez da estrutura, sua construção pode envolver o uso de ferramentas e máquinas de maior porte, seja para o transporte ou erguer as peças de madeira. Além de pás, enxadas, cavadeiras, trados, chaves diversas, furadeira, gerador e motosserras à gasolina, pode ser necessário o uso de perfuratriz de solo e algum tipo de guindaste.





AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO

**O PLANO DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE
TRILHA É UM INSTRUMENTO ESSENCIAL PARA GARANTIR
A MANUTENÇÃO ADEQUADA E A PRESERVAÇÃO E
CONSERVAÇÃO DE TRILHAS**

A avaliação e o monitoramento de trilhas são instrumentos de gestão fundamentais para a conservação e preservação do ambiente na qual foi executada e também para garantir uma boa experiência e segurança para os visitantes.

A **etapa da avaliação** visa identificar eventuais falhas na fundamentação técnica, na estrutura ou no sistema operacional do uso das trilhas. Estabelecer um plano de avaliação, com critérios e métricas predeterminadas permite um maior nível de segurança para os visitantes, além de tornar a atividade mais agradável, confortável e garantia de conservação do meio ambiente.

De modo geral, cinco aspectos poderão ser considerados nas avaliações de trilhas: (1) Segurança e Acessibilidade, (2) Aspectos Ambientais, (3) Experiência dos Visitantes, (4) Manutenção e Conservação e (5) Aspectos Legais e Administrativos. Para todos os aspectos poderão ser elencados atributos e parâmetros que permitam fazer mensurações e ajustes ao longo do tempo de utilização das trilhas. A seguir, uma breve relação dos aspectos.



1. Segurança e Acessibilidade:

- **Estado da trilha:** Verificar se a trilha está bem conservada. Procurar por sinais de erosão, obstruções ou perigos, como movimentos de massa (escorregamentos e movimentações de rocha), pontos de enxurradas, obstruções por troncos e galhos.
- **Dificuldade:** Avaliar o nível de dificuldade da trilha (fácil, moderado, difícil) com base na inclinação, extensão e tipo de terreno. Verificar se houve alguma alteração significativa no passeio e se as intervenções (degraus, nivelamento, etc) estão sendo suficientes.

- **Sinalização:** Verificar se a trilha está bem sinalizada com placas, marcas de tinta ou outros indicadores que ajudem na orientação.
- **Acesso:** Certificar de que a trilha é acessível para diferentes tipos de visitantes, incluindo pessoas com mobilidade reduzida, quando apropriado.

2. Aspectos Ambientais

- **Fauna e Flora:** Identificar as espécies de flora e fauna presentes. Certificar-se de que a trilha não está impactando negativamente o habitat natural.

- **Erosão e Impacto:** Avaliar sinais de erosão ou degradação do solo e da vegetação. A presença de trilhas muito pisoteadas, fora do traçado proposto, pode indicar problemas.
- **Água:** Verificar a presença e a qualidade dos recursos hídricos ao longo da trilha. É importante garantir que não haja qualquer tipo de contaminação.

3. Experiência dos Visitantes

- **Cenário e Paisagem:** Avaliar os pontos de interesse ao longo da trilha, como vistas panorâmicas, cachoeiras, formações rochosas, espécies raras ou locais e atrativos históricos.
- **Conforto:** Considerar a presença de áreas de descanso, como bancos ou mirantes, e a qualidade das condições climáticas e do terreno.
- **Educação e Interatividade:** Verificar se há painéis informativos sobre a fauna, flora e a geologia local e aspectos de segurança.

4. Manutenção e Conservação

- **Manutenção regular:** Avaliar a frequência e a qualidade da manutenção realizada na trilha.
- **Reparos necessários:** Identificar áreas que precisam de reparos ou melhorias para garantir a segurança e a preservação ambiental.
- **Políticas de conservação:** Certificar de que existem diretrizes claras para a conservação e o uso sustentável da trilha.

5. Aspectos Legais e Administrativos

- **Permissões e Licenças:** Verificar se a trilha está em conformidade com as regulamentações locais e se as permissões necessárias foram obtidas.

- **Gestão de visitantes:** Avaliar se há um plano para gerenciar o número de visitantes, minimizar impactos ambientais e protocolos para emergências.
- **Capacitação de guias:** Verificar se as equipes estão treinadas e capacitadas aos aspectos de segurança, informações sobre a trilha e primeiros socorros.

Em relação aos aspectos (1) e (2) são feitos comentários gerais que buscam orientar a ação do que observar e monitorar:



Vegetação: analisar como estão os aspectos relacionados a vegetação em diferentes trechos da trilha: árvores caídas, galhos caídos, galhos pendurados, apodrecimento; ocorrência de clareiras com extensão significativa, provenientes de queda de árvores ou extração seletiva de árvores; ocorrência de espécies em desequilíbrio ecológico, tais como: bambu; gramíneas – exóticas ou nativas, lianas e trepadeiras, e espécies ornamentais; ocorrência de queda de árvores que interceptam e/ou obstruem o caminho.

Erosão (movimentos de transporte de sedimentos): o tipo de erosão, suas dimensões e onde elas estão se desenvolvendo são bons indicadores. A presença de sulcos, ravinas, voçorocas ou a ausência destas feições são indicadores que podem auxiliar na detecção de problemas e, assim, antecipar as manutenções necessárias.

Escorregamento - deslizamento (movimentos gravitacionais de massa): ocorrência de massas de solo sobre a trilha e/ou movimentações dos taludes de jusante podem indicar instabilizações críticas para a utilização de trilhas.

Movimentações com rochas: blocos de rocha e/ou matacões, lascas e outras formas geométricas de rocha sobre a trilha são indicadores das movimentações dos maciços rochosos.

Feições de superfície: trincas, degraus de abatimento, rachaduras, surgências de água podem aparecer em qualquer trecho da trilha.

Danos ao atrativo: verificação de vandalismo, pichações possíveis em alguns dos trechos da trilha (indicadores de passagem de pessoas sem guia) e obras danificadas.

Alargamento da trilha: averiguar se há alteração de largura durante o percurso das trilhas - presença ou ausência e alterações no traçado original.

Recursos hídricos: verificar e garantir a qualidade dos mananciais, rios e córregos, dos cursos d'água em geral, a partir de indicadores normatizados.

Acidentes – incidentes: número de acidentes recorrentes em determinados trechos.



Condições do “passeio”: registro se o caminho é plano, sem interferência; presença de pontos de encharcamento; passeio

rebaixado em relação ao nível original; presença de blocos centimétricos e decimétricos soltos; indícios do calçamento original; ocorrência de sulco erosivo central; ocorrência de degrau expressivo, formado por raízes expostas e/ou blocos; cruzamento de drenagem; árvores tombadas/caídas.

Uma vez identificados os principais aspectos para reconhecimento dos problemas em cada trecho, pode ser feita uma estimativa para a gravidade da situação. Uma proposta para a determinação pode ser baseada em diferentes níveis:

NÍVEL 1

os trechos se encontram estabilizados e não há sinais perceptíveis de instabilizações e/ou problemas no terrenos e obras. Nesse caso, oferecendo risco baixo ao uso da trilha.

NÍVEL 2

há sinais em estágios iniciais de evolução, podendo oferecer perigo ao longo prazo. Problemas de fácil solução.

NÍVEL 3

os sinais – problemas estão em evolução, oferecendo perigo a curto ou médio prazo.

NÍVEL 4

o problema está instalado, oferecendo perigo imediato para a utilização da trilha, pois além dos sinais há ocorrências. Há necessidade de medidas imediatas e/ou emergenciais.

Um plano de monitoramento de trilha é um instrumento essencial para garantir a manutenção adequada e a preservação e conservação de trilhas, especialmente em ambientes naturais como as áreas serranas.

O monitoramento, tanto dos aspectos físicos como naturais, consiste no acompanhamento contínuo e frequente, por meio de vistorias de campo buscando observações de pontos previamente selecionados, coleta de dados, medições e compilações com vistas a produzir informações que tragam indicações de alterações positivas ou negativas e que possam subsidiar tomadas de decisão em tempo hábil para serem feitas correções. O monitoramento pode diagnosticar, adicionalmente, os impactos causados pela visitação e, com base em todo o diagnóstico, será possível estabelecer ações para evitar e/ou mitigar danos.

Sendo assim, sugere-se a elaboração de planos que contenham indicadores e protocolos que irão contemplar aspectos significativos para a conservação das trilhas e segurança dos visitantes. O protocolo de monitoramento, e seus indicadores, poderá ser elaborado de maneira participativa, por parte de gestores e aplicados após treinamento e capacitação de monitores ou por meio de contratação de empresas especializadas.

A estrutura do **Plano de Monitoramento** pode ser elaborada a partir de informações básicas sobre a trilha, seus distintos trechos e por dados mais complexos. A seguir tem-se uma breve apresentação de como elaborar um plano de ação exequível com informações básicas e a sugestão de indicadores.

(1) Descrição da Trilha:

- **Nome e localização:** identifique a trilha, incluindo sua localização geográfica e características principais;
- **Comprimento e duração:** informe a extensão total da trilha, o tempo estimado para percorrê-la e se há variantes em toda a sua extensão;

- **Tipo de terreno:** descreva o tipo de terreno e as condições esperadas;

(2) Equipe de Monitoramento

- **Responsáveis:** liste os membros da equipe de monitoramento, suas funções e responsabilidades;
- **Treinamento:** especifique o treinamento necessário para a equipe, incluindo avaliação dos riscos do meio físico, primeiros socorros e técnicas de conservação;

(3) Frequência de Inspeção

- **Cronograma:** estabeleça a frequência das inspeções (diária, semanal, mensal) e defina datas específicas para inspeções mais profundas;
- **Locais:** defina trechos e/ou estruturas prioritárias para inspeção;
- **Responsáveis pela inspeção:** atribua as responsabilidades de inspeção a membros específicos da equipe;



(4) Checklist de Inspeção

- **Condição da Trilha:**
 - Erosão e desgaste do “pavimento”;
 - Obstruções (galhos - árvores caídas, pedras soltas e/ou caídas);
 - Qualidade do piso (deslizamento, buracos, empoçamento);

- **Sinalização e Navegação:**

- Presença e visibilidade de sinalizações;
- Precisão das marcas de orientação;
- Vandalismo;

- **Segurança:**

- Presença de perigos (quedas de rochas, áreas instáveis);
- Condições meteorológicas e seus impactos;

- **Infraestrutura:**

- Condição de áreas de descanso (bancos, mirantes);
- Integridade de pontes, passarelas e corrimãos;



- **Ambiente:**

- Estado da vegetação (degradação, crescimento invasivo);
- Qualidade da água (se houver fonte de água potável ao longo da trilha);
- Lixo e entulhos;
- Queimadas;

(5) Coleta e Análise de Dados

- **Registro de Observações:** Documente todas as observações e problemas encontrados durante as inspeções de forma sistemática, facilitando a análise dos resultados;
- **Fotografia:** Utilize fotos para documentar condições específicas e mudanças ao longo do tempo;

- **Relatórios:** Prepare relatórios periódicos com uma análise dos dados coletados, destacando problemas críticos e ações tomadas;

(6) Ação e Manutenção

- **Planos de Ação:** Desenvolva planos para abordar problemas identificados, como reparos na trilha e limpeza;
- **Cronograma de Manutenção:** Defina um cronograma para realizar manutenção regular e emergencial;
- **Orçamento:** Estime o custo das ações de manutenção e ajuste o orçamento conforme necessário;



(7) Tecnologia e Ferramentas

- **Equipamentos:** Liste as ferramentas e equipamentos necessários para o monitoramento e manutenção (GPS, câmeras, kits de primeiros socorros);
- **Tecnologia:** Utilize tecnologias como SIG (Sistema de Informação Geográfica) e drones para uma análise mais detalhada e eficiente;

(8) Revisão e Melhoria Contínua

- **Avaliação do plano:** Revise o plano de monitoramento periodicamente para avaliar sua eficácia e ajustar conforme necessário;
- **Feedback:** Coleta feedback da equipe de monitoramento e dos visitantes para identificar áreas de melhoria.

Exemplo de ficha de avaliação de campo

			FICHA DE INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA		
Ficha N°		Data: ____/____/____		Preenchida Por:	
Trilha:					
Data do Levantamento:					
Coordenadas:					
() Meio Físico					
EROSÃO		MOVIMENTO DE MASSA		DRENAGEM CANALETA/VALA	
() Sulcos () Ravinas		() Rastejos		() Assoreamento	
() Longitudinal à trilha		() Escorregamentos		() Empoçamento	
() Perpendicular à trilha		() Quedas de blocos		() Obstrução	
() Paralelo		() Tombamentos de blocos		() Áreas Saturadas	
() Jusante		() Rolamento de Matacões		() Surgência Localizadas	
() Montante		() Corrida de Massa			
		() Jusante () Montante		() Jusante () Montante	
Observações:					
() Meio biótico					
Árvore		Galho		Bambu	
() Árvore inclinada		() Galho caído		() Bambu na trilha	
() Árvore morta		() Galho com apodrecimento		() Bambu nas estruturas	
() Árvore com apodrecimento		() Galho seco		() Nas placas	
() Árvore caída () sobre a trilha		() Galho pedurado sobre a trilha			
() sobre as estruturas		() Galho baixo na trilha			
() Acumulo de galhos, folhas					
() estivas					
() pinguelas					
() degraus					
Referência Trilha:		() Jusante		() Montante	
Estruturas afetadas () SIM - Qual? () Pinguela; () Estiva; () Barreira; () Deck					
Observações:					
() Outros Problemas					
Especificar:					
Gravidade da situação					
() Nível 0 - Não oferece risco para à trilha					
() Nível 1 - Pode oferecer risco para a longo prazo para à trilha					
() Nível 2 - Em evolução, risco a curto/médio prazo para à trilha					
() Nível 3 - Em evolução, com risco imediato para à trilha					
Registro Fotográfico					

Este plano de monitoramento deve ser flexível e adaptável, refletindo as condições específicas da trilha e as necessidades da comunidade que a utiliza. Implementar um plano detalhado e bem estruturado ajuda a garantir que a trilha permaneça segura, funcional e ambientalmente sustentável.

Sugere-se a aplicação de uma ferramenta simples e que pode orientar, por meio de perguntas chave, as ações a serem organizadas na avaliação e monitoramento de trilhas. Essa metodologia é entendida como um check list de determinadas atividades e ações que precisam ser executadas por uma mesma ou por diferentes equipes. Uma das ideias é que se

detecte problemas com uma maior brevidade e, por conseguinte, sejam indicadas soluções. O **Quadro** a seguir apresenta um exemplo de montagem de um sistema 5W2H para o gerenciamento de risco em trilhas.



Método 5W2H



Perguntas orientativas do método 5W2H:

- **O quê?** – O que é necessário fazer? O que precisa ser melhorado? Qual a atividade? O que deve ser medido?
- **Onde?** – A localização do que precisa ser observado, melhorado, corrigido: Em que lugar a atividade será conduzida?
- **Quando?** – Em que momento esta ação (ações) deve ser tomada?
- **Quem?** – Quem é o responsável por aquela atividade: Quem executa a tarefa? Qual a equipe responsável? A atividade depende de quem para ser iniciada?
- **Como?** – Qual a melhor forma de executar, qual procedimento ou norma seguir: Como conduzir a ação? Como acompanhar o desenvolvimento dessa atividade?
- **Por quê?** – Por que aquela ação precisa ser executada?
- **Quanto?** – Dimensionar os recursos necessário para a realização de uma determinada ou um conjunto de atividades: Quanto tempo será gasto para a atividade? Quanto custa a operação?

Exemplo de aplicação do método 5W2H para gerenciamento de risco em trilhas.

Gerenciamento de risco na Trilha do Mirante

O quê? (what)	Quem? (who)	Quando? (when)	Onde? (where)	Como? (how)	Por quê? (why)	Quanto? (how much)
Realizar treinamento e capacitação	Fundação Florestal e Prefeitura de Santo André	Novembro	Galpão, em Paranapiacaba	Aula teórica e práticas para integração	Reforço e novos integrantes na equipe de monitores	16 horas
Monitorar queda de blocos	Monitores treinados	Após chuvas e/ou ocorrência	Pedra do Índio	Utilizar metodologia IPT	Aumentar a segurança	1 hora
Avaliar guarda-corpo	Monitores	A cada 2 meses	Todos os trechos com a estrutura	Estado da madeira, parafusos e encaixes	Garantir a segurança e vida útil	10 m de guarda-corpo (1 hora)
Condição do passeio - alagamento	Gestor e/ou monitores	Durante ou logo após as chuvas	Todo o trecho	Registrando em planilhas os pontos críticos (GPS) e dimensão	Condição potencialmente perigosa e indutora de processos	1.200 m de trilha (1 hora)
Condição do passeio - erosão	Gestor e/ou monitores	Início de dezembro e final de março de cada ano	Todo o trecho	Registrando em planilhas os pontos críticos (GPS) e dimensão	Condição potencialmente perigosa e indutora de processos	1.200 m de trilha (1 hora)
Revisar o Plano de Gerenciamento de Risco	Fundação Florestal e Prefeitura de Santo André	A cada 2 anos (ou no caso de ocorrência)	Toda a trilha	Documento com procedimentos e normas	Garantir a segurança dos visitantes e conservação da trilha	A depender da equipe executora

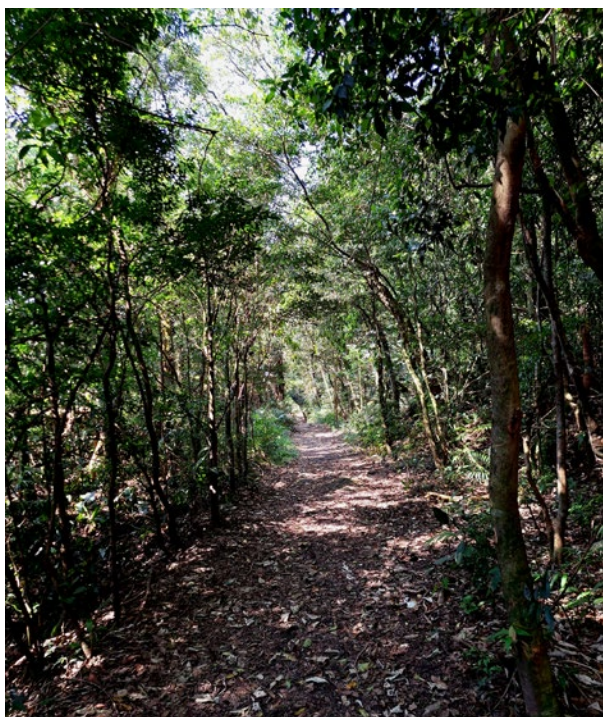


ORIENTAÇÕES PARA USO PÚBLICO DE TRILHAS

**ESTAR PREPARADO PARA AS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA
PODERÁ SER DECISIVO PARA GARANTIR A SEGURANÇA
DOS FREQUENTADORES**

As orientações para uso público de trilhas visam garantir a segurança dos visitantes, a preservação ambiental e a gestão adequada desses espaços naturais. Evidentemente as orientações e normas podem variar dependendo da região e da gestão local da área natural. Algumas trilhas possuem, inclusive, código de condutas baseados em algumas referências nacionais e internacionais. O conceito de *Leave No Trace* (Não Deixe Rastros) é uma destas referências que orienta práticas sustentáveis e de segurança com foco no comportamento dos visitantes visando o mínimo de impacto nos ambientes naturais.

Algumas diretrizes gerais são frequentemente aplicadas em trilhas de uso público. A seguir, são apresentadas informações sobre procedimentos de uso, segurança e de condições climáticas que possam auxiliar a gestão de risco em trilhas.



7.1 COMO UTILIZAR AS TRILHAS: PROCEDIMENTOS DE USO

Toda e qualquer intervenção realizada num ambiente natural necessita monitoramento e manutenção específica para garantir

um uso compatível com as localidades. Monitoramento para que se possa verificar com antecedência as condições iniciais e estabelecer ações corretivas capazes de minimizar ou reverter o quadro negativo sem gerar outros tipos de impactos. Caso sejam identificadas situações adversas que podem provocar algum tipo de impacto as ações de manutenção é que irão garantir as condições de uso, durabilidade e segurança.

As trilhas em regiões de topografia acidentada requerem uma atenção especial e uma frequência maior no acompanhamento de todas as condições do meio físico, pois a dinâmica destes ambientes geralmente é bastante intensa. É necessário o estabelecimento de procedimentos para obtenção de informações que possam alimentar um banco de dados e subsidiar a tomada de decisão com relação à gestão de uso da trilha.

Os procedimentos deverão ser estabelecidos a partir da definição das atividades e respectivas responsabilidades, tanto no monitoramento como na execução da manutenção das interferências. Para cada trecho e tipo de obra devem constar em fichas e/ou formulários específicos quem será responsável, quando fazer as vistorias, de que forma registrar os dados observados, onde será realizada com maior frequência e como (por qual instrumento) serão controladas as atividades.

As atividades previstas para o uso com segurança das trilhas passam por:

- Acompanhar e realizar a manutenção de todas as intervenções, passando por simples limpezas até a recomposição de peças quebradas;
- Manter um registro atualizado das ocorrências (sobre a trilha, com os visitantes, com as obras), dados que vão balizar a gestão da trilha e proposição de melhorias no sistema de segurança;

- Buscar informações sobre as condições climáticas para cada período, chuvoso e/ou estiagem, para correlação com os problemas encontrados;
- Manter a sinalização atualizada e em boas condições;
- Solicitar apoio técnico sempre que necessário;
- Elaborar um PAE – Plano de Ação de Emergência para diferentes situações climáticas (chuva, frio, neblina...);
- Elaborar regras e procedimentos para utilização das trilhas a partir de resultados coletados em discussões participativas e decisões dos gestores e monitores;
- Manter equipe de monitores capacitada nos temas que envolvem a utilização de trilhas.

7.2 SEGURANÇA: O QUE OBSERVAR

A associação entre os indicadores de movimentação do terreno com as condições climáticas deve estar expressa em qualquer manual de segurança de trilhas. As movimentações do terreno, ou sinais de instabilização, se manifestam em superfície e podem ser bons indicadores para a gestão das trilhas, pois antecipam problemas estruturais e que envolvem diretamente a segurança das pessoas. As condições climáticas, principalmente as chuvas, podem definir o momento da ocorrência de um fenômeno adverso. Nesse sentido, sugere-se observar e estar atento aos seguintes indicadores que podem surgir nos terrenos:

 Trincas e ou rachaduras no passeio	 Desnível (degrau) que indiquem abatimentos e/ou movimentações	 Áreas muito encharcadas
 Árvores com inclinação excessivas	 Erosões no passeio	 Blocos e/ou lascas “soltos” nas encostas e nos barrancos
 Blocos de rocha caídos no passeio	 Solos expostos	 Surgências de água nos barrancos (minas d'água)
 Águas barrentas nos rios e/ou encostas	 Estruturas danificadas	 Obstruções em cruzamentos de drenagem

Condições climáticas: chuva, raio, vento, frio, neblina

Verificar as condições climáticas antes de iniciar o acesso a uma determinada trilha é uma das ações mais importantes para a garantir segurança de seus frequentadores. As decisões de se prosseguir a visita numa determinada trilha e/ou trechos das trilhas vão ser baseadas nas informações coletadas sobre as condições climáticas.

Em ambientes serranos a possibilidade de mudanças repentinas no clima é comum. Alterações consideráveis de temperatura, ocorrência de tempestades com raios e redução da visibilidade devido a neblina são os fenômenos mais comuns em cenários serranos. Nesse sentido, estar preparado para as situações adversas é necessário, principalmente por parte dos monitores e gestores das unidades visitadas. Em muitos casos, as decisões deverão ser tomadas de maneira emergencial.



7.3 AÇÃO EMERGENCIAL

Estar preparado para as ações emergenciais, imediatas, poderá ser decisivo para garantir a segurança dos frequentadores, devido à potencial ameaça da ocorrência de algum fenômeno!

A ação emergencial pode abranger a Retirada e/ou Fechamento **Preventivo e Temporário** de parte ou totalidade da trilha. Tem caráter Preventivo, pois o foco é a segurança física de todos, e Temporário, pois as ameaças sempre estão associadas a algum evento geológico, hidrológico e/ou meteorológico com distribuição geográfica e temporal limitada. Passado o evento deflagrador dos processos os trechos são reavaliados e a trilha poderá ser liberada. Para que todos os procedimentos funcionem bem é preciso todo o conhecimento prévio sobre as trilhas.

Toda ação emergencial deve estar fundamentada em um Plano (Plano de Ação de Emergência - PAE, por exemplo) que dê possibilidade de se tomarem medidas antecipadas à deflagração dos processos de instabilização. A aplicação do plano pode ocorrer a partir do acompanhamento dos seguintes parâmetros:

- índices pluviométricos (chuvas acumuladas): mostra os dados no “passado” e, somada ao conhecimento de processos (correlações) podem funcionar como indicadores de ações (mm/h; mm/24h; mm/72h, outras).
- previsão meteorológica (chuvas que ainda estão para precipitar): indicam as condições no “futuro”; a depender da previsão (continuidade de chuvas, pancadas de chuvas nas próximas horas, cessar de chuvas na região, outros) auxiliando na tomada de decisão.



- observação de indícios de instabilização e/ou sinais de superfície (acompanhamento de dados de campo): indicam as condições no “presente” e, normalmente, tem um peso maior na tomada de decisão, visto que os fenômenos podem ou não estar na iminência de ocorrer.

A partir do estabelecimento de valores numéricos para cada um dos três parâmetros, podem ser estabelecidas ações correspondentes para a tomada de decisão do que fazer caso haja uma situação de emergência em uma trilha.

Via de regra, para a deflagração de determinado processo de instabilização, é preciso que ocorram chuvas ao longo de alguns poucos dias. A fixação de índices pluviométricos críticos, ou seja, aqueles que se atingidos, prosseguindo a ocorrência de chuvas, podem levar à deflagração de processos de instabilização, deve se dar com base na análise histórica de processos que já tenham ocorrido na região.

Uma vez que estes índices críticos sejam atingidos e prevendo-se a continuidade de chuvas (previsão meteorológica), deve-se proceder no fechamento preventivo e temporário de parte ou da totalidade da trilha.



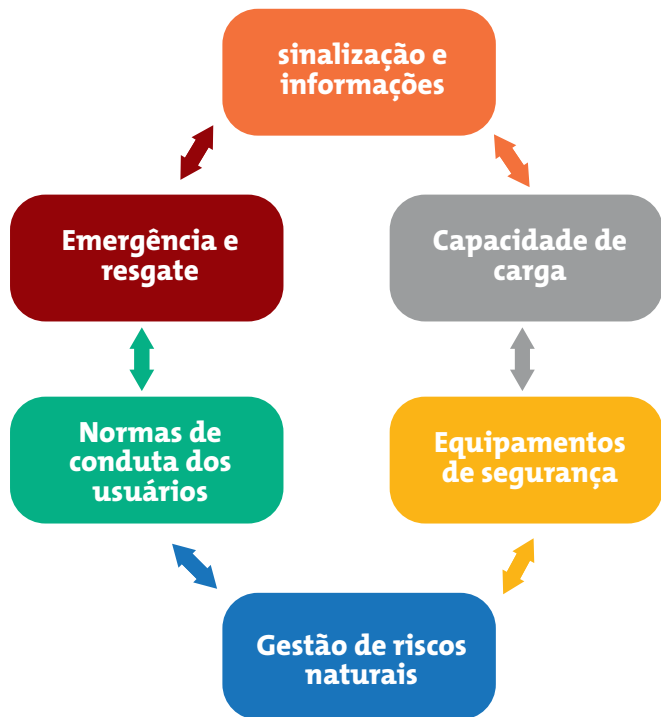
Exemplo de critérios que podem nortear um Plano de Ação de Emergência para gestão de áreas sujeitas a algum tipo de fenômeno.

Outro indicador para se proceder à relocação é o surgimento de indícios de instabilidade. Nestes casos não é necessário que toda a trilha seja fechada e/ou interditada, mas somente os trechos que podem ser afetados com o desenvolvimento das feições de instabilização identificadas.

A implantação de um PAE deve ter sintonia com a duração do período chuvoso, já que nesta época é maior a possibilidade de ocorrência de processos de instabilização. Isto não significa afirmar que fora do período chuvoso não exista essa possibilidade que pode acarretar sérias consequências, porém, estatisticamente a probabilidade é muito menor.

A operação do PAE também não elimina a possibilidade de instabilizações, e sim, objetiva reduzir suas consequências, a partir de ações preventivas preestabelecidas.

De forma geral, podem ser destacadas as seguintes orientações para o uso público em trilhas e outros atrativos naturais:



1. Sinalização e Informações

- **Placas de Aviso:** Devem ser instaladas ao longo das trilhas, em locais pré-determinados, alertando sobre riscos, como animais selvagens, mudanças climáticas, fenômenos naturais (geológicos e hidrológicos) e terrenos perigosos.

- **Mapas e Direções:** Fornecer mapas claros e informações sobre o nível de dificuldade, distância, pontos de descanso, orientações de direção e tempo estimado.

2. Capacidade de Carga

- Limitar o número de pessoas na trilha para evitar superlotação, que pode aumentar os riscos de acidentes, danos às estruturas, exposição maior aos riscos e impacto ambiental.
- Monitorar o desgaste das trilhas e realizar manutenção regular para reduzir o risco de acidentes.

3. Equipamentos de Segurança

- **Uso de Equipamentos Adequados:** Incentivar o uso de calçados adequados e compatíveis com o caminhar em diferentes terrenos, roupas adequadas para o clima, água suficiente e equipamentos de primeiros socorros.
- Em trilhas de alta dificuldade, ou em determinados trechos, o uso de equipamentos de proteção (capacetes, cordas, etc.) pode ser obrigatório.

4. Gestão de Riscos Naturais

- **Avaliação de Riscos:** Monitoramento contínuo das condições naturais (ex. deslizamentos, enchentes, condições climáticas extremas).
- Fechamento de trilhas durante condições climáticas adversas ou perigos ambientais iminentes. Recomenda-se obter informações de órgãos e/ou instituições oficiais



5. Normas de Conduta dos Usuários

- **Manutenção do Ambiente Natural:**

Proibição de poluição, coleta de plantas ou perturbação da fauna e qualquer outra intervenção no ambiente



- **Respeito às Regras de Segurança:** Proibição de se afastar das trilhas marcadas, utilização de fogueiras em áreas não permitidas e controle de animais de estimação.

- **Responsabilidade Pessoal:** Informar-se sobre as condições da trilha antes de utilizá-la e seguir as instruções dos guias ou autoridades locais.

6. Emergências e Resgate

- **Pontos de Emergência:** Identificação de pontos de resgate e comunicação (ex. pontos com sinal de celular ou rádios de emergência).

- **Planos de Evacuação:** Estruturas de resgate rápido para situações de emergência, como lesões graves ou condições extremas.

Portaria Normativa FF-DE nº 152/2011

Para as Unidades de Conservação do Estado de São Paulo, a Fundação Florestal elaborou a Portaria Normativa FF/DE nº 152/2011, que estabelece o roteiro para elaboração de Plano de Gestão de Riscos e de Contingências. O Plano deverá conter, minimamente:

- I - detalhamento do sistema de comunicação, apto a solicitar socorro aos órgãos locais e regionais responsáveis pela defesa civil, segurança social e defesa da saúde, na ocorrência de sinistros comunicados aos servidores da Unidade de Conservação que estiverem em exercício;
- II - mapeamento das áreas e atrativos de risco ao usuário, com sua respectiva classificação com relação ao tipo e grau de risco, dificuldade de acesso e meios de resgate;
- III - detalhamento e localização dos materiais e equipamentos para atendimentos de contingências à disposição da equipe da Unidade de Conservação; e
- IV - protocolo de responsabilidades da equipe da Unidade de Conservação no atendimento a emergências.



QUER SABER MAIS?

- Plano de Uso Público do Parque Estadual do Itapetinga e do Monumento Natural Estadual da Pedra Grande (Portaria Normativa FF/DE nº 325/2020)
- Regras de Uso Público no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO)
- ABNT NBR ISO 21101 - Guia de implementação: Turismo de aventura – Sistema de gestão da segurança

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR ISO 21101 - Guia de implementação: Turismo de aventura – Sistema de gestão da segurança. [recurso eletrônico] / Associação Brasileira de Normas Técnicas, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. – Rio de Janeiro: ABNT; Sebrae, 2016. 84 p.: il. color.

AUGUSTO FILHO, OSWALDO. Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, sp. 1994. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

BRASIL. Manual de sinalização de trilhas. 3. ed. Brasília: MMA/ICMBio, 2023. 57 p.

CUNHA, M.A.; de PAULA, M.S.; IYOMASA, W.S.; GRAMANI, M.F., MASSAD, F. *Debris flow* na Serra do Mar. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002.192p.

FEMERJ Nº MAN - 2013/01 - Manejo da Visitação em Áreas Naturais. 37p. Disponível em: <https://feemerj.org/wp-content/uploads/FEMERJ-MAN-2013-01.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

FEMERJ Nº MAN - 2018/01 - Boas Práticas para Sinalização em Trilhas. 6p. Disponível em: https://feemerj.org/wp-content/uploads/FEMERJ-MAN-2018-01-Boas_Praticas-_Sinalizacao_em-Trilhas.pdf (consultado em: 17/01/2025)

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Manual de Identidade Visual: Parques Estaduais de São Paulo. Disponível em: <https://fflorestal.sp.gov.br/identidade-visual/> (consultado em: 17/01/2025)

ICMBio. Fundamentos do Planejamento de Trilhas. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBio, 2020. 36p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/fundamentos_do_planejamento_de_trilhas.pdf (consultado em: 17/01/2025)

ICMBio. Manual de Métodos para Monitoramento do Número de Visitas em Unidades de Conservação Federais. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBio, 2020. 40p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/manual_de_metodos_para_o_monitoramento_do_numero_de_visitas_em_unidades_de_conservacao_federais.pdf (consultado em: 17/01/2025)

ICMBio. Manual de Sinalização de Trilhas – 3ª edição. Brasília: MMA/ICMBio, 2023. 57p. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/Uso-publico/manual-de-sinalizacao-de-trilhas-3-edicao-mma-icmbio-1.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

ICMBio - Regras de Uso Público no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/images/Regras%20de%20Uso%20P%C3%ABlico%20PARNASO.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152.

INSTITUTO FLORESTAL - IF. Manejo de trilhas: um manual para gestores. São Paulo: Instituto Florestal, 2008. 84 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Manual Ocupação de Encostas. CUNHA, Márcio A. (coord.) São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 216p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Manual de geotecnia: Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991. 206 p.

MMA. Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 61p. Disponível em: <https://www.institutobrasilerural.org.br/download/20200417203825.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

MMA-ICMBio. Roteiro Metodológico para Manejo de Impactos da Visitação, com enfoque na experiência de visitante e na proteção de recursos naturais e culturais. Brasília: MMA/ICMBio, 2011. 86p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/roteiros/Roteiro_Impactos_de_Visitacao_WEB.pdf (consultado em: 17/01/2025)

MENEZEZ, PEDRO DA CUNHA. Parques do Brasil - Sinalização de Trilhas: Manual Prático. 2015. Disponível em: https://d3nehc6ylgqzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_manual_sinalizacao_trilhas.pdf (consultado em: 17/01/2025)

Portaria Normativa FF/DE nº 325/2020. Plano de Uso Público do Parque Estadual do Itapetinga e do Monumento Natural Estadual da Pedra Grande. 41 p. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/2020/10/mona-pedra-grande-plano_uso_publico_versao_cons_consultivo-final2.pdf (consultado em: 17/01/2025)

SANTOS, ÁLVARO RODRIGUES. A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2004. 116p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - SMA. Manual de construção e manutenção de trilhas. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2009. 172 p. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/publicacoes/2016/12/ManualdasTrilhasfinal07-09.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

IUCN. Sustainable tourism in protected áreas: Guidelines for planning and management. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Cambridge, 2002. 191p. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/pag-008.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

USDA. Guide to sustainable mountain trails. U.S.D.A Forest Service, 2007.164 p. Disponível em: https://cdn2.assets-servd.host/material-civet/production/images/documents/GuideToSustainableMountainTrails_2007.pdf (consultado em: 17/01/2025)

USDA. Accessibility Guidebook for Outdoor Recreation and Trails. U.S.D.A Forest Service, 2012. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/Accessibility-Guide-Book.pdf> (consultado em: 17/01/2025)

WeConservePA. Trails for All People: Guidance for Accessibility and Inclusive Design. WeConservePA, 2021. 117p. Disponível em: https://library.weconservepa.org/library_items/1345 (consultado em: 17/01/2025)

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária - São Paulo - SP
CEP 05508-901 - Brasil

