



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



**ANÁLISE HIDROEROSIVA DE TRILHA EM ENCOSTA E MÉTODOS E  
TÉCNICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL VISANDO À GEOCONSERVAÇÃO**

**LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA**



**Rio de Janeiro**  
**2019**

ANÁLISE HIDROEROSIVA DE TRILHA EM ENCOSTA E MÉTODOS E TÉCNICAS DE  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL VISANDO À GEOCONSERVAÇÃO

**Leonardo dos Santos Pereira**

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

Orientador:

Professor Dr. Antônio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro

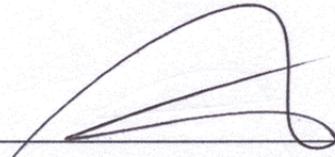
Junho de 2019

ANÁLISE HIDROEROSIVA DE TRILHA EM ENCOSTA E MÉTODOS E TÉCNICAS DE  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL VISANDO À GEOCONSERVAÇÃO

**Leonardo dos Santos Pereira**

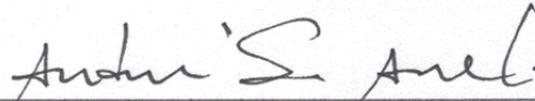
Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Planejamento e Gestão Ambiental), Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia (Planejamento e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

Aprovado em 27/06/2019, por



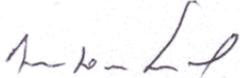
---

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



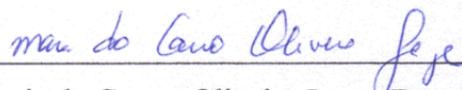
---

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



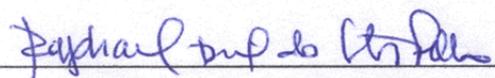
---

Antônio Soares da Silva, Dr. (Instituto de Geografia – UERJ)



---

Maria do Carmo Oliveira Jorge, Dra. (Pesquisadora – LAGESOLOS/UFRJ)



---

Raphael David dos Santos Filho, Dr. (FAU – UFRJ)

## CIP - Catalogação na Publicação

d436a dos Santos Pereira, Leonardo  
ANÁLISE HIDROEROSIVA DE TRILHA EM ENCOSTA E  
MÉTODOS E TÉCNICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL VISANDO À  
GEOCONSERVAÇÃO / Leonardo dos Santos Pereira. --  
Rio de Janeiro, 2019.  
186 f.

Orientador: Antônio José Teixeira Guerra.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, 2019.

1. Erosão de solo. 2. propriedades físico-químicas  
de solos. 3. trilha. 4. geoconservação. 5. educação  
ambiental. I. Teixeira Guerra, Antônio José ,  
orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

*Dedico esta pesquisa ao período nacional que mais se valorizou o ensino e o avanço tecnológico e científico no país, aos líderes políticos que valorizaram os sonhos dos mais pobres e nos deram a oportunidade de sonhar, de sermos doutores(as): 01 de janeiro de 2003 até 31 de agosto de 2016.*

## AGRADECIMENTOS

A interação com o meio auxilia na formação de nossa identidade, personalidade e nos tornam cidadãos responsáveis e ativos socialmente. Bem, pelo menos assim deveria ser quando estamos inseridos em uma rede social e familiar que nos abraça no enfrentamento de nossos medos e necessidades, ajudando-nos na escalada da vida e a seguir o rumo do bem, do respeito, do amor. Particularmente, tenho muitos anjos (as) que me iluminam e estão sempre ao meu lado, querendo o meu melhor, tornando-me melhor. A todos vocês meus agradecimentos sinceros e mais puros.

À família que me acolhe, criou e me amou/ama, agradeço. Vocês são a minha base e referência de ser humano do bem. Nancy Ignez dos S. Pereira, minha mãe, agradeço a sua paciência, positividade e em sempre acreditar no melhor do próximo e, principalmente, de seus filhos. Ao meu pai, Sidney Pereira, sou grato pelo ensinamento dos valores e princípios que honram a história de nossa família. Meus Irmãos, Anderson dos Santos Pereira e Leandro dos Santos Pereira, agradeço a parceria e o amor incondicional, que me fez entender que o melhor da vida é termos com quem compartilhar os momentos bons e os desafios do mundo. Ao Rafael F. da Silva, meu marido, agradeço o companheirismo e as lutas diárias, por sempre me alavancar para voos mais altos e acreditar em meu potencial.

Agradeço ao professor Dr. Antônio José Teixeira Guerra, meu orientador, que me ensinou que os valores e éticas profissionais são reflexos de nossas posturas e condutas pessoais, e que a grandeza de nossa profissão é agir em prol da sociedade. Sua generosidade em compartilhar conhecimentos, de acreditar em meu potencial e estabelecer uma verdadeira parceria nessa e em outras pesquisas contribuíram na minha formação profissional e pessoal.

Amigos são irmãos que escolhemos e, nessa caminhada profissional, com desdobramentos pessoais, destaco quatro anjos (as):

- Dra. Maria do C. Oliveira Jorge, Geógrafa, agradeço por compartilhar conhecimentos e conselhos que me enriqueceram como profissional e ser humano. Admiro demais sua vontade em fazer o que é o certo e no seu senso de justiça apurado, qualidades de poucos nessa vida;
- Aline Muniz Rodrigues, Geógrafa e futura doutora, sua parceria, que vem desde a graduação, enche meu peito de orgulho pela bondade que você emana. Muito agradecido por estar ao meu lado em momentos bons e nos desafios da vida profissional e pessoal;
- Rafael Carvalho Santos, Geógrafo e futuro doutor, muito agradecido pela parceria desde o início da tese. Partilhar com você momentos nos laboratórios, nas disciplinas e nos campos fizeram dessa caminhada mais agradável;
- Armando Brito da Frota Filho, Geógrafo e futuro doutor, por deixar meus dias mais agradáveis e pelas nossas conversas construtivas. Muito agradecido pela parceria tão importante no desenvolvimento dessa pesquisa.

À professora Dra. Rosangela Garrido Machado Botelho meus agradecimentos. Sua generosidade em compartilhar seus conhecimentos da complexa dinâmica do solo, enriqueceu a presente tese e contribuiu significativamente na minha formação profissional e pessoal.

À professora Dra. Helena Polivanov meus agradecimentos. A generosidade em compartilhar seus conhecimentos, a infraestrutura e os equipamentos de seu laboratório no PPGL/UFRJ, foi fundamental para o enriquecimento da tese.

Ao técnico de aferição da estação experimental, Sebastião Jorge de Oliveira, por se dedicar à pesquisa, assim como agradeço à Yoriko Kamiyama (Dona Annie), empresária da Agroindústria Y. Kamiyama Alimentos (Sítio Recanto da Paz/Gengibre de Ubatuba), que abriu as portas de seu sítio desde o mestrado, cedendo espaço para a instalação da estação experimental, ponderando a importância do desenvolvimento da pesquisa e educação nacional.

Agradeço a todos os integrantes do LAGESOLOS pela família que nos tornamos, pela troca mútua que estabelecemos de conhecimentos e por fazerem parte de minha formação profissional e pessoal: Domynique da Silva Santos (Geógrafa e futura mestre), Yolanda Molinaro (Geógrafa e ex-bolsista de IC), Fabrizio Garritano (Geógrafo e futuro mestre), Diego J. Suarez (IC e futuro Geólogo), Kamylla Barbosa (IC/ EBA), Jorge L. R. Cardoso (IC/ EBA), Dr. Hugo Alves S. Loureiro (Geógrafo), Hugo Pepe (bolsista de IC), Dra. Cristiane Cardoso (Professora e pesquisadora IM/UFRRJ e Lagesolos) e ao professor Dr. Raphael David dos Santos Filho.

Agradeço aos professores e pesquisadores que aceitaram fazer parte da banca da presente tese doutorado, contribuindo efetivamente na minha formação profissional e no aprimoramento técnico-científico nacional: Dr. André de Souza Avelar (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ), Dra. Maria do Carmo Oliveira Jorge (LAGESOLOS - Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ), Dr. Antônio Soares da Silva (Instituto de Geografia – UERJ) e Dr. Raphael David dos Santos Filho (EBA – UFRJ).

Agradeço ao corpo docente do PPGG/UFRJ pelo elevado nível intelectual, ampliando nossos horizontes do conhecimento científico, corroborando na minha plena formação profissional. Também agradeço ao corpo técnico do PPGG/UFRJ que demonstram competência na profissão e lutam diariamente para manter o pleno funcionamento do programa. Meus agradecimentos, em especial, à ex-secretária Carla e ao atual secretário Bruno de Jesus Ferreira.

Ao Departamento de Geografia do Instituto Multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (IM/UFRRJ – Campus Nova Iguaçu) e a todos os meus alunos das disciplinas Tópicos Especiais em Geografia Física, Climatologia Geográfica e Climatologia Aplicada, agradeço a experiência que adquiri na reta final de minha tese, corroborando para minha completa formação profissional: professor-pesquisador. Em especial, agradeço às professoras Dra. Cristiane Cardoso, Dra. Sarah Lawall, Dra. Edileuza Queiroz e Dra. Laura Mendes.

Agradecimento ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, assim como ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) – Pedido/Processo E-26/200.368/2017 (230507) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que financiou parte desta pesquisa, por meio de projetos do LAGESOLOS.

*“A vida só é possível num universo  
longe do equilíbrio”*

*Ilya Prigogine*

viii

## RESUMO

PEREIRA, Leonardo dos Santos. Análise Hidroerosiva de Trilha em Encosta e Métodos e Técnicas de Educação Ambiental Visando à Geoconservação. Rio de Janeiro, 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

O Município de Ubatuba fica dentro do Complexo Costeiro da Serra do Mar, caracterizado por encostas íngremes, chuvas orográficas e belas paisagens de interesse turístico. A intensidade da caminhada em trilhas intensifica ainda mais os processos erosivos, pois a compactação do solo, geralmente, aumenta com o número de visitantes. O uso e o manejo de trilhas por atividades humanas, como o turismo, representam riscos à sustentabilidade dos sistemas ambientais e, por isso, é importante que haja planejamento adequado em tais áreas turísticas. A pesquisa teve como objetivo fazer uma caracterização físico-química de solo degradado em uma trilha, monitorar o seu potencial matricial e o processo de formação de escoamento e crosta no solo em uma sub-bacia do rio Maranduba - Ubatuba/SP. Também teve como foco a utilização do aporte técnico-metodológica das Geociências para a elaboração de *kits* de solos, a fim de respaldar o ensino dos conceitos da Geografia Física e promulgar o desenvolvimento da consciência de conservação dos recursos naturais. O trabalho se baseou na instalação de parcelas de erosão em solo sem cobertura vegetal para analisar as perdas de solo e água, bem como as propriedades físicas e químicas do solo (Porosidade, textura, densidade, pH e matéria orgânica) e identificar os argilominerais do solo, este por meio de Difractometria de Raios-X. As parcelas se localizam na parte intermediária de um morrote, em encosta retilínea. Esta sofreu alteração em sua morfologia original por meio de um corte de encosta (UTM: 0474211/7395934). O solo do local é um Latossolo que apresenta a camada BC exposta. Cerca de 62,3 t/ha de solo foram perdidos durante o monitoramento (01 agosto 2013-20 dezembro 2017) e mais de 4.421,0 mm de água foram escoados superficialmente. Salienta-se a fragilidade dos ambientes degradados de baixa declividade frente às altas taxas de perdas de solo e água, que, no período de 53 meses de monitoramento e com chuvas dentro da normalidade para o município, totalizaram 162 dias com ocorrências de escoamento, em solos que tendem à saturação por períodos prolongados. Os solos apresentaram classificação textural franco-arenoso e argiloso, demonstrando, entre outros fatores, a sua susceptibilidade à erosão. Na identificação por difração de raios X, constatou-se, em ambos ambientes, predominância do argilomineral caulinita, indicativo de ambiente tropical úmido, com elevada temperatura e alto grau de desenvolvimento pedogenético. Portanto, o transporte das partículas de solo superficialmente está atrelado à baixa drenagem do terreno e à perda da resistência do solo, corroborando em períodos longos de umidade antecedente, sendo este um dos fatores decisivos para se iniciar o escoamento superficial e formação de crosta no solo. Os kits foram usados como base para melhorar o conhecimento dos alunos sobre os impactos humanos nos processos naturais e a ocorrência de áreas degradadas, analisando as propriedades do solo e comparando solo saudável com solo degradado.

**Palavras-chave:** Erosão de solo, propriedades físico-químicas de solos, trilha, estação experimental, geoconservação.

## ABSTRACT

PEREIRA, Leonardo dos Santos. Hydro-erosive Analysis of slope trail and Methods and Techniques of Environmental Education for Geoconservation. Rio de Janeiro, 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Ubatuba Municipality is within the Coastal Complex of the Serra do Mar mountain range, which is characterized by steep slopes, orographic rains and beautiful landscapes with touristic interest. Walking intensity on trails further increase erosive processes, as soil compaction usually increases with the number of walkers. The use and management of trails by human activities, such as tourism, represent risks to the sustainability of environmental systems and, therefore, it is important to have adequate planning in such touristic areas. This research is characterizing the physicochemical properties of degraded soils on a trail, soil matric potential, flow generation processes, and soil crust in Maranduba drainage basin, Ubatuba Municipality, São Paulo State. The research also focuses on the use of technical-methodological contribution of Geosciences for the preparation of soil kits, in order to support the teaching of concepts of Physical Geography and promulgate the development of awareness of the conservation of natural resources. Runoff plots with bare soils are used to measure soil and water losses, analyse soil physicochemical properties (porosity, texture, bulk density, pH and organic matter content) and with the clay minerals identification, by XRD. The plots (UTM: 0474211/7395934) are in the mid-section of a rectilinear slope, which was originally a slope cutting. The A horizon of this Oxisol was removed by erosion, exposing the C horizon at the surface. Some 62.3 t/ha of soil were lost during the monitoring period (01 August 2013-20 December 2017) and there was 4,421.0 mm of runoff. This PhD highlights the fragility of degraded environments on gentle slopes to generate high rates of water and soil loss, which in the period of 53 months of monitoring and rainfall within the normal range for the municipality amounted to 162 days with flow occurrences on soils that tend to saturation for extended periods. The soils show sandy-loam and clay texture, causing high erosion risk. Using the diagrams generated from the XRD analysis, it has been outlined for both environments the presence of kaolinite, indicating a humid tropical environment, with high temperature and high pedological alteration. Therefore, the superficial transport of soil particles is linked to poor drainage of the land and the loss of soil strength, supporting long periods of antecedent moisture, which is one of the key factors to start runoff and crust formation on the soil. The kits were used as a basis for improving students' knowledge of human impacts on natural processes and the occurrence of degraded areas by analyzing soil properties and comparing healthy soil to degraded soil.

Key-words: Soil erosion, soil physicochemical properties, trails, experimental station.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>xviii</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
Questionamentos .....	24
Justificativa e relevância da pesquisa .....	25
Objetivos .....	27
Geral .....	27
Específicos .....	28
<b>CAPÍTULO 1: EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL .....</b>	<b>28</b>
Solo, Geodiversidade e Geoconservação: amplo campo de atuação para os Geógrafos e Geomorfólogos .....	29
Estado da arte das pesquisas em trilhas de 1970 até 2018 .....	35
Solo: sua funcionalidade, propriedades, seus processos associados e sua relação com a organização social do espaço .....	44
Processos hidroerosivos: escoamento superficial e dinâmica da água em zona não saturada.....	49
Dinâmica da água no solo em zona não saturada.....	50
Educação ambiental visando à geoconservação: desafios e potencialidades do ensino de solos.....	53
<b>CAPÍTULO 2: ÁREA DE ESTUDO – HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS E PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DE UBATUBA E DO SOLO DA TRILHA.....</b>	<b>55</b>
História de Ubatuba.....	57
Parque Estadual da Serra do Mar (PESM): recanto de geodiversidade e necessidade de Geoconservação .....	59
Características Geoambientais: Clima, Geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação.....	63
<b>CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>70</b>
Importância do trabalho de campo e processos hidroerosivos como análise espacial ..	75
Morfologia e características da encosta, identificação do perfil de solo e coleta de amostras.....	77
Propriedades físico-químicas do solo.....	78
Análise mineralógica dos argilominerais .....	82
Análises da crosta do solo .....	84
Coleta de dados pluviométricos e da temperatura ambiente .....	85
Monitoramento hidrológico (potencial matricial da água no solo) e da temperatura do solo .....	87
Monitoramento do escoamento superficial: transporte da água e do solo .....	88
Monitoramento da transformação da textura do solo superficial.....	90
Evolução erosiva superficial da trilha por meio da classificação de imagem .....	90
Evolução erosiva superficial da trilha por meio de análises granulométricas de arraste de partículas de solo .....	90

Análise estatística.....	91
Elaboração de material didático com os solos descartados das análises.....	92
<b>CAPÍTULO 4: CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E RELEVO DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL EM UMA TRILHA.....</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO 5: MONITORAMENTO HIDROEROSIVO E FORMAÇÃO DE CROSTA EM UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL EM AMBIENTE DE TRILHA.....</b>	<b>111</b>
Dinâmica hidrológica .....	111
Escoamento superficial: perda de solo e água.....	123
Perfil granulométrico de partículas sólidas de solo transportadas no piso da trilha ...	129
Formação de crosta no piso da trilha.....	136
<b>CAPÍTULO 6: EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO ESTRATÉGIA DE GEOCONSERVAÇÃO: O SOLO E SUAS FUNCIONALIDADES .....</b>	<b>143</b>
Métodos didáticos de associação de dados científicos com os conhecimentos do cotidiano: uma proposta educativa para o ensino de erosão de solos em Geografia com solos descartados em laboratórios, para confecção de <i>kits</i> de solos e parcelas de erosão educativas.....	144
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>152</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS 1 – Difusão e popularização dos conhecimentos científicos sobre o clima, volume e variação de chuva para comunidades locais de onde foi desenvolvida a pesquisa .....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXOS 2 – acesso aos dados de chuva para a comunidade local .....</b>	<b>176</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Inselbergues graníticos do semiárido baiano (A); Pão de Açúcar: formação geológica turística do município do Rio de Janeiro composta majoritariamente por gnaiss (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2018) e (2015), respectivamente. ....	31
<b>Figura 2.</b> Encontro das Águas no rio Amazonas (Encontro das águas do rio Solimões e o rio Negro) como exemplo de geopatrimônio hidrológico. Foto: Leonardo S. Pereira (2012).....	35
<b>Figura 3.</b> Artigos publicados em revistas científicas desde 1970 sobre trilhas. ....	41
<b>Figura 4.</b> Geossítio Riacho do Meio localizado no Cariri/CE. Mapa de localização pontos dos elementos da geodiversidade que se encontram na trilha (A); Estrutura do piso da trilha para facilitar o acesso e diminuir impactos ambientais (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2018). ....	42
<b>Figura 5.</b> Ilustração da formação de trilhas e taludes em encosta, bem como da exposição dos horizontes de solos após a retirada do material de empréstimo. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2018). ....	43
<b>Figura 6.</b> Relação entre a qualidade do solo e o processamento de energia e matéria. Organizado por: Leonardo S Pereira (2019).....	45
<b>Figura 7.</b> Sistema de medição de sucção em tensiômetros. Fonte: Pereira (2015). ....	51
<b>Figura 8.</b> Esquema salientando as forças de atração atuantes entre sólido e água, na matriz do solo. Fonte: PEREIRA <i>et al.</i> (2016). ....	52
<b>Figura 9.</b> Visão geral da bacia hidrográfica do rio Maranduba, salientando o piso da trilha que se instalou a estação experimental. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017). ....	56
<b>Figura 10.</b> Museu Caiçara localizado na Pousada das Cachoeiras em Ubatuba/SP, representado o modo de vida da população local do município antes da chegada urbano-industrial. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).....	57
<b>Figura 11.</b> Ocupação da população, salientando a pressão sobre área de floresta, gerando problemas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2014). ....	58
<b>Figura 12.</b> Municípios que apresentam seus territórios dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, bem como da zona de amortecimento. Fonte: Starzynski (2014). ....	60
<b>Figura 13.</b> Pico do Corcovado ao fundo. Foto: Leonardo S. Pereira (2017).....	61
<b>Figura 14.</b> Represa formada por rochas na Cachoeira da Bacia (A); trilha de acesso à cachoeira com queda de árvore devido à fragilidade do talude, dificultando o acesso do caminho à Cachoeira da Bacia. Fotos: Leonardo S. Pereira (2017).....	62
<b>Figura 15.</b> Rocha intrusiva no litoral norte de Ubatuba (A) e trilha degradada que concede acesso ao presente elemento da geodiversidade (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2014). ....	63
<b>Figura 16.</b> Relevo da bacia do rio Maranduba servindo como barreira das massas de frente fria. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). ....	66
<b>Figura 17.</b> Média mensal de 10 anos de chuva (2009 até 2018). ....	67
<b>Figura 18.</b> Rochas e blocos com orientação estrutural que avançam até o mar em Ubatuba. Foto: Leonardo S. Pereira (2014). ....	68
<b>Figura 19.</b> Estreita faixa de planície na bacia do rio Maranduba, bairro que se encontra entre o atlântico e as escarpas da Serra do Mar. Foto Leonardo S. Pereira (2017). ....	69
<b>Figura 20.</b> Blocos de rochas acumulados no rio na faixa da Pousada das Cachoeiras. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).....	70
<b>Figura 21.</b> Estação experimental de erosão de solos, placa de divulgação. Organizado por Leonardo S. Pereira (2014).....	71

<b>Figura 22.</b> Ilustração do uso da encosta pela atividade turística, bem como os pontos de análises de perfis de solo, de coleta de amostras e instalação da estação experimental. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2016).....	78
<b>Figura 23.</b> Coleta de amostra volumétrica do solo (A), visto em detalhe no anel de kopeck (A e C). Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	79
<b>Figura 24.</b> Análise granulométrica para determinação da classificação textural do solo onde (A) é o agitador das partículas das frações de solo, (B) a lavagem na peneira, (C) areia retida na peneira, (D) argila em decantação na proveta (E) e pipetagem da argila após tempo determinado. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	80
<b>Figura 25.</b> Etapas das análises de matéria orgânica. Aquecendo a solução em placa elétrica (A); soluções em repouso (B); processo de titulação (C). Foto: Leonardo S. Pereira (2017).....	81
<b>Figura 26.</b> Procedimento de aferição de pH (A), visto em detalhe com o eletrodo mergulhado na solução (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2017).....	82
<b>Figura 27.</b> Sedimentação da argila (A) e retirada do ferro (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	83
<b>Figura 28.</b> Lâminas saturadas com magnésio ( $Mg^{++}$ ) e potássio ( $K^{+}$ ) (A); Lâminas que não passaram por nenhum tratamento. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	84
<b>Figura 29.</b> Formação da crosta na superfície do solo nas parcelas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	85
<b>Figura 30.</b> Visão geral do pluviômetro automático instalado na trilha (A); parte de cima do aparelho salientando o sistema interno de balança que contabiliza a chuva (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	86
<b>Figura 31.</b> Ilustração da formação da trilha em encosta e esquema da instalação dos sensores de umidade do solo no piso da trilha. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017). .....	87
<b>Figura 32.</b> Visão geral das parcelas de erosão, salientando a instalação do sensor de umidade do solo e o <i>datalogger</i> . Foto: Leonardo S. Pereira (2015). .....	88
<b>Figura 33.</b> Visão geral das parcelas de erosão, salientando suas dimensões (comprimento e largura) e a caixa de armazenamento do escoamento. Foto: Leonardo S. Pereira (2013).....	89
<b>Figura 34.</b> Solos armazenados para análises em laboratório (A) e descartados no lixo (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).....	92
<b>Figura 35.</b> Morrote que sofreu corte de encosta, salientando o surgimento da trilha e seu abandono. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).....	95
<b>Figura 36.</b> Fragmentos de rocha e raiz exposta salienta o material de solo perdido superficialmente (a e b) e a areia residual se deposita em áreas de baixa declividade e de represas como raízes (d), bem como presença de atividade de organismo vivos na borda da trilha (c) do Sítio Recanto da Paz (trilha situada ao lado da encosta da estação experimental). Fotos: Leonardo S Pereira. (2017).....	97
<b>Figura 37.</b> Trilha mais íngreme com sulcos erosivos, salientando o caminho preferencial do escoamento da água, bem como o depósito de areia na parte inferior e de baixa declividade (trilha situada ao lado da encosta da estação experimental). Foto: Leonardo S Pereira. (2017). .....	98
<b>Figura 38.</b> Perfis de solos dos taludes acima (talude da floresta – TF) e abaixo da trilha (talude da borda da trilha – TB) (A e B) e trincheira do piso da trilha (TT) (B).....	102
<b>Figura 39.</b> Perfil de solo do piso da trilha, salientando concentração e movimentação de óxido de ferro em 10 cm e possíveis dutos com minerais lavados na profundidade entre 90 e 120 cm. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). .....	103

<b>Figura 40.</b> Relação da porosidade total com os horizontes dos perfis de solo e trincheira (TF, TT e TB) (A), assim como da densidade aparente (DS) (B). .....	104
<b>Figura 41.</b> Difratogramas dos distintos ambientes analisados por DRX, o primeiro representa área de floresta e o segundo de trilha. ....	109
<b>Figura 42.</b> Potenciais matriciais da água no solo em P.A. (A), P.B. (B) e P.C. (C) e por profundidade (15, 30 e 90 cm), associados com a chuva e o escoamento superficial.....	113
<b>Figura 43.</b> Tempo de drenagem após a saturação do solo em P.A. (A), P.B. (B) e P.C. (C). 115	
<b>Figura 44.</b> Visão geral da encosta, salientando convergência de fluxo na trilha por meio das curvas de nível. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017). ....	117
<b>Figura 45.</b> Visão geral da encosta onde se situam as parcelas de erosão (a), salientando a convergência de fluxo de escoamento no piso da trilha do sítio Recanto da Paz (b) e um córrego perene canalizado no contorno do sopé da encosta (c). Fotos: Leonardo S. Pereira (2017). .	117
<b>Figura 46.</b> Variabilidade da temperatura do solo em relação à temperatura ambiente e à chuva entre julho e agosto de 2016 (A), salientando períodos entre 04 e 12 de agosto (B) e 13 e 21 de agosto (C). ....	119
<b>Figura 47.</b> Relação da temperatura do solo com a umidade do piso da trilha em 15 cm nas três parcelas (P.A., P.B. e P.C.) (A), salientando o período entre 01 de agosto e 30 de julho de 2016 (B) e a relação da profundidade de 30 cm com de 15 cm. ....	122
<b>Figura 48.</b> Padrões espaciais de encrostamento do topo do solo nas parcelas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).....	123
<b>Figura 49.</b> Areia residual e microtopografia do topo do solo das parcelas de erosão, com solo testemunho de 3 cm de altura. Fotos: Leonardo S. Pereira (2016).....	124
<b>Figura 50.</b> Total de chuva mensal e os respectivos escoamentos superficiais em cada parcela de erosão desde o início do monitoramento (agosto de 2013 até dezembro de 2017). ....	126
<b>Figura 51.</b> Perda de solo total por mês em cada parcela de erosão desde o início do monitoramento (agosto de 2013 até dezembro de 2017).....	128
<b>Figura 52.</b> Total de partículas de solo escoadas superficialmente dos períodos selecionados: entre 2013 e 2017 (A); e relação da textura do piso da trilha com o total de taxas de partículas escoadas superficialmente (B). ....	129
<b>Figura 53.</b> Partículas de solo escoadas superficialmente entre 2013 e 2017.....	131
<b>Figura 54.</b> Partículas de solo escoadas superficialmente em cada parcela de erosão entre três períodos (28/06/2016 e 23/08/2016; 06/06/2017 e 19/06/2017; 22/09/2018 e 06/11/2018): areia Grossa (A); areia fina (B); silte (C); argila (D). ....	132
<b>Figura 55.</b> Depósito de areia que se encontra acumulada em terreno (a; c) de baixa declividade (b) na trilha sítio Recanto da Paz. Fotos: Leonardo S Pereira. (2017). ....	133
<b>Figura 56.</b> Parcela de erosão no início de monitoramento (2013) (A), após um ano e apresentando manchas de residual de areia lavada na trilha (2014) (B) e entre os sulcos erosivos em 2017 (C). Fotos: Leonardo S. Pereira (2013, 2014 e 2017).....	133
<b>Figura 57.</b> Classificação de imagem do piso da trilha. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2019).....	134
<b>Figura 58.</b> Evolução da crosta do solo no piso da trilha nas parcelas de erosão. Fotos e organizado por: Leonardo S. Pereira (2019). ....	137
<b>Figura 59.</b> Formatos e padrão de evolução espacial da crosta no piso da trilha. Foto e organizado por: Leonardo S. Pereira (2016). ....	139
<b>Figura 60.</b> Crosta do solo das parcelas A, B e C em detalhe. Foto: Leonardo S. Pereira (2016). ....	140

<b>Figura 61.</b> Granulometria da crosta no solo (A) e índices de M.O. e pH (B). .....	141
<b>Figura 62.</b> Passos para elaboração do material didático com os solos utilizados na tese. Construção de parcelas de erosão e acompanhamento da taxa de crescimento vegetal (A, B, C, D e E); Confecção de um simulador de chuva (F e G); e kits de solo com distintas propriedades físicas, químicas e mineralógicas (H). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).....	147
<b>Figura 63.</b> Aula prática com os materiais didáticos: parcelas de erosão, simulando o processo de escoamento superficial e a atuação da vegetação (A, B, C e D); kits de solos sendo analisados, junto com os alunos, suas características físicas (E e F). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).....	148
<b>Figura 64.</b> Atividade prática de explicação da agregação do solo com os alunos de mãos dadas (A); análise da resistência dos agregados de floresta e solo degradado (B, C e D). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).....	149
<b>Figura 65.</b> Perfil de solo no talude e piso da trilha degradada. Org.: Leonardo S. Pereira (2017). .....	151
<b>Figura 66.</b> Divulgação no jornal do bairro dos dados de chuva, bem como explicação didática de como se afere a altura da chuva. Fonte: <a href="http://jornalmaranduba.com.br/wp-content/uploads/2019/05/jornalmarandubanews94web.pdf">http://jornalmaranduba.com.br/wp-content/uploads/2019/05/jornalmarandubanews94web.pdf</a> .....	175

## TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valores da precipitação média (milímetros e percentual) para os meses de janeiro a dezembro entre 2009 e 2018 e médias mensais anuais de 10 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do banco de dados climáticos do Brasil (2015). Fonte: Organizado por Leonardo S. Pereira (2019).....	65
<b>Tabela 2.</b> Períodos de partículas de solo armazenadas e utilizadas na análise de granulometria.....	91
<b>Tabela 3.</b> Classificação das propriedades físico-químicas do perfil de solo dos taludes e do piso da trilha.....	107

## QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Primeiras pesquisas sobre trilhas e seus parâmetros ambientais e sociais analisados. Organizado por: Foto: Leonardo S. Pereira (2019).....	38
<b>Quadro 2.</b> Atividades de campo realizadas desde a instalação das parcelas de erosão 2013-2017.....	73
<b>Quadro 3.</b> Classificação macromorfológica do perfil de solo dos taludes e do piso da trilha.....	100
<b>Quadro 4.</b> Matriz de confusão segundo o método KMEDIAS.....	135
<b>Quadro 5.</b> Total de solo coletado para análises em laboratório em diversificadas revistas nacionais e internacionais e considerando dois kg de solo por ponto de coleta.....	145

## APRESENTAÇÃO

A crescente procura turística em áreas que possuem belezas naturais peculiares está relacionada diretamente com uma visão e proposta de projeto de lazer, que tem como foco a paisagem natural, distanciando-se da interpretação de uma natureza intocada<sup>1</sup>. A fauna e flora compõem esse cenário e tornam a paisagem mais aprazível e bela, entretanto, o conceito de geodiversidade surge recentemente para agregar valor a uma paisagem que se formou, na sua origem, sobre rochas, montanhas e solos: elementos fundamentais e que são a base de uma paisagem formada no continente, podendo ser urbana, natural, cultural, agrícola e outras.

A atividade turística representa uma interação com a paisagem natural direta, sendo capaz de acelerar processos erosivos, devido a diversos fatores como: abertura de talude em encosta, modificando a sua morfologia natural; ou o pisoteio em excesso sobre o solo, podendo culminar na compactação do mesmo. São impactos que interferem na dinâmica da encosta, influenciando em uma reorganização dos elementos que compõem processos desse sistema tão dinâmico. Os processos hidrológicos, importantes no estudo da erosão de solo, são um dos principais a sofrerem com tais alterações e que podem corroborar no desenvolvimento dos processos erosivos acelerados.

Nessa perspectiva, salienta-se a importância de pesquisar a conservação da paisagem, considerando a relação entre a atividade humana e os elementos naturais, pois o homem não é dissociado da natureza, pelo contrário, é elemento inerente modificador do meio, sendo atingido por essas alterações, bem como o solo, a água, o clima, o relevo e outros, compondo um conjunto de processos geossistêmicos (BERTALANFFY, 1968; CHORLEY e KENNEDY, 1971; NEVES *et al.*, 2008). Desse modo, como a atividade turística pode ser um agente modificador da paisagem? O solo, que sustenta a vida e, portanto, a manutenção da paisagem, é o principal sistema a ser modificado, sendo, então, o objeto de estudo da presente pesquisa, bem como o processo hidrológico de uma trilha.

A tese, portanto, propõe uma pesquisa considerando as relações entre sociedade e natureza, mais especificamente questionando como as atividades turísticas alteram a morfologia original da encosta, por meio de trilhas e como ocorrem os processos hidroerosivos nesses ambientes de passagem. Trata-se, desse modo, de uma abordagem que tangencia questões relacionadas a fatores ambientais, bem como sociais e econômicas.

---

<sup>1</sup>A paisagem natural é o conjunto e relação dos elementos que compõem a natureza (clima, solo, vegetação, relevo, água e outros) com o mínimo de influência antrópica, tendo sua origem conceitual nas ciências biológicas em pesquisas de ecologia, tendo como perspectiva uma paisagem intocada, ou seja, não transformada por influências humanas, sendo, portanto, dissociada da cidade. Essa interpretação é questionada por Diegues (2002), pois o autor considera que o homem faz parte da natureza.

A tese se formulou por meio de desdobramentos de estudos iniciados no mestrado de 2013 no PPGG/UFRJ, por meio da construção de uma estação experimental em Ubatuba/SP para se entender os processos de erosão em áreas de baixa declividade, associados com os processos de escoamento superficial. Com os objetivos e metas alcançados na dissertação, novos questionamentos surgiram, uma vez que a área se situa em uma trilha abandonada em encosta. Dados da tese de monitoramento do escoamento superficial e de chuva, portanto, são contabilizados desde a instalação da estação experimental em 2013.

Para delinear o fluxo da organização da escrita da pesquisa, a tese foi estruturada em capítulos que se relacionam. Portanto, a tese se inicia com uma introdução da pesquisa, salientando a problemática da degradação do solo, por meio da ação turística em trilhas, pontuando as principais questões abordadas, além de situar o leitor sobre a relevância da tese para o equilíbrio da construção social do espaço e, por fim, alavanca o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo.

O primeiro capítulo se refere ao embasamento teórico-conceitual, ressaltando o estado da arte das pesquisas de trilha no cenário mundial e nacional, bem como seus impactos associados na mudança da paisagem de áreas turísticas. Desse modo que termos como geodiversidade e geossítios foram conceituados e discutidos, bem como patrimônio geológico e geopatrimônio que foram discutidos e analisados sobre uma perspectiva holística, dinâmica e geomorfológica. Degradação do solo, propriedades físicas, químicas e mineralógicas, aceleração dos processos hidroerosivos, bem como hidrologia do solo em zona não saturada também foram conceituadas para a sistematização dos resultados e discussões de cada capítulo.

O segundo capítulo tem como foco a área de estudo, com os próprios resultados e discussões que foram elaborados na tese, como a caracterização das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo, bem como dados climatológicos de chuva e temperatura que foram adquiridos por meio do monitoramento da estação experimental montada para a pesquisa.

O terceiro capítulo se refere aos materiais e métodos e se optou em antecipar o mesmo para não prejudicar o entendimento metodológico adotado no capítulo da área de estudo.

O quarto capítulo está relacionado com a caracterização física da área de estudo, salientando como o solo e o relevo influencia na dinâmica da paisagem, principalmente quando estão relacionados com práticas de uso inapropriadas.

O quinto capítulo está relacionado aos dados do monitoramento de escoamento superficial e à hidrologia de solo da trilha, que são resultados indissociáveis para uma adequada discussão e interpretação dos processos hidroerosivos. Também se analisa o processo de

formação da crosta de solo no piso da trilha e à adaptação de metodologia de baixo custo para a classificação de imagem da evolução da crosta, utilizando programas gratuitos de classificação de imagem.

Fechando os resultados e discussões, o sexto capítulo tem como objetivo o aproveitamento do solo descartado para a elaboração de materiais didáticos práticos, que vão auxiliar na formação de professores e no processo de aprendizagem de alunos do ensino básico, tendo como foco temas relacionados aos processos ambientais. Especificamente, o presente capítulo teve como foco a utilização do aporte técnico-metodológica das Geociências para a elaboração de *kits* de solos, a fim de respaldar o ensino dos conceitos da Geografia Física e promulgar o desenvolvimento da consciência e sensibilização de conservação dos recursos naturais.

Após o sexto capítulo se encontram as conclusões da pesquisa e, em seguida, as referências bibliográficas utilizadas e os anexos. Nestes, encontra-se um resumo didático de todo o material da pesquisa para serem consultados pela população em geral, bem como para professores dos distintos níveis escolares e de disciplinas afins ao assunto.

## INTRODUÇÃO

As trilhas constituem um caminho formado para o deslocamento de pessoas, em sua maioria, sendo construídas sem adequado planejamento, em ecossistemas importantes que regulam o funcionamento dos recursos ambientais. Apesar de possuir como característica larguras que variam, podem apresentar comprimentos longos, que perpassam por grande parte de sistemas ambientais, logo, representam caminhos de grande abrangência, que podem repercutir em perturbações naturais (KROEFF, 2010).

O processo de construção de trilha já representa uma perturbação dos sistemas ambientais, pois está relacionado com a retirada de vegetação, além de poder estar relacionado com cortes de encostas, alterando a morfologia natural do relevo. Como reação a essa perturbação, os processos erosivos se tornam mais intensos e acelerados, uma vez que o solo se encontra exposto e as trilhas podem se tornar caminhos preferenciais para o escoamento da água (FIGUEIREDO *et al.*, 2012; RANGEL e GUERRA, 2014; RANGEL *et al.*, 2019).

A intensidade do fluxo de pessoas nas trilhas representa outra problemática para a ocorrência dos processos erosivos, pois quanto maior o fluxo de pessoas, maior pode ser os impactos no solo, culminando em compactação e impermeabilização do mesmo. Essa degradação impacta ainda mais os processos erosivos e escoamento superficial, formando crostas no solo. Ou seja, o uso e manejo inadequado das trilhas pelas atividades humanas, como o turismo, representam riscos à sustentabilidade dos sistemas ambientais e, por isso, deve-se ter adequado planejamento em áreas que possuem grande atrativo de suas belezas naturais, onde a trilha é o principal meio de deslocamento.

Desse modo, o processo erosivo de solos degradados<sup>2</sup> de diversos tipos de uso e manejo pode resultar em problemáticas ambientais tanto *on site*, quanto *off site*, tendo consequências negativas na organização social do espaço, como salientam diversos autores (VALENTIN *et al.*, 2005; ZHANG *et al.*, 2015a; GUERRA 2016; PEREIRA *et al.*, 2016; GUERRA *et al.*, 2017). Nessa perspectiva, o tipo de uso e manejo de uma determinada trilha pode corroborar para a aceleração dos processos hidroerosivos de uma bacia hidrográfica, resultando em problemas ambientais, como assoreamento de rios e lagos, e socioeconômico, como a limitação para o desenvolvimento de atividade turística, devido aos riscos ambientais para a segurança dos visitantes ao longo do percurso turístico. Deslizamentos de terra da encosta, por exemplo,

---

<sup>2</sup> O autor compreende solo degradado quando o mesmo perde suas características originais e suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas não são suficientes para sustentar suas funções ecossistêmicas, tanto no que diz respeito ao funcionamento adequando dos sistemas naturais, quanto humanos.

ou a instabilidade do piso da trilha, são uns dos exemplos dos riscos à vida, que estão associados à degradação de uma trilha.

Nessa perspectiva, profissionais de diversas áreas têm se envolvido com pesquisas de recuperação de áreas degradadas, em ambientes que tiveram alteração na cobertura pedológica original, culminando em solos expostos e abandonados, uma vez que a erosão é considerada um processo preocupante, devido ao seu acelerado aumento, em função da ação humana, o que pode gerar implicações econômicas, sociais e ambientais (NAGLE e RITCHIE, 2005; PEREIRA *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2015a).

Jorge (2017) analisou como o nível de degradação de trilhas em Ubatuba/SP influencia na dificuldade de acesso aos pontos turísticos, bem como pode ser uma problemática para a conservação da paisagem local, esta que possui um conjunto de belezas naturais que se tornam vulneráveis à degradação do solo, devido à intensa atividade turística. O mesmo constatado por Santos (2016) na trilha que liga a praia do Caixa D'áço até a piscina natural do Caixa D'áço. Ambas as autoras salientam a falta de informativos ao longo do percurso da trilha, que influenciam na baixa percepção e sensibilidade com o meio ambiente, culminando na degradação da mesma.

Estes impactos influenciam na estabilidade do solo e no desenvolvimento da erosão acelerada, com impactos fora do seu local de ocorrência, abrangendo uma escala maior, influenciando no fluxo de transporte de partículas de solo para áreas de deposição (LI *et al.*, 2004; CHAPLOT *et al.*, 2005; VALENTIN *et al.*, 2005; GUERRA e MENDONÇA, 2011; ZUAZO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2014; ZHAO *et al.*, 2013; GUERRA *et al.*, 2017). Desse modo, entender a dinâmica e a qualidade do sistema solo se torna um indicativo de análise para alcançar o equilíbrio no uso e manejo de trilha.

Em áreas degradadas e com processos erosivos intensos, estima-se que a perda de solo acelerada é de 10 a 40 vezes superior às taxas de renovação da mesma, o que coloca em risco a sustentabilidade ambiental, assim como a segurança alimentar (PIMENTEL, 2006). Esta problemática ocorre em distintos ambientes como o de floresta, agricultura e, até, em solos urbanos, ocasionando grande perda para a humanidade, pois significa dizer que ecossistemas estão perdendo suas biodiversidades, além de ocasionar problemas com a disponibilidade de água (ZHANG *et al.*, 2015a).

Para além da biodiversidade, esses ambientes também podem comprometer sua geodiversidade, devido aos processos de degradação do solo advindos da atividade turística, sem uma regulamentação adequada. Gray (2013) e Brilha (2016) ressaltam a importância da

pesquisa atrelada à geodiversidade, uma vez que os elementos abióticos são essenciais para sustentar a vida dos ecossistemas e vice-versa. A geodiversidade, portanto, faz parte da formação da paisagem e pode conter atrativos turísticos singulares e diferenciados, relacionados ao mineral que se formou em determinada área, bem como a forma da rocha, ou do relevo.

Portanto, para a conservação da geodiversidade e da biodiversidade de áreas turísticas é imprescindível um estudo mais aprofundado da bacia hidrográfica, sendo esta uma unidade de análise importante para se compreender as potencialidades e limitações do terreno, principalmente em se tratando de trilha inserida em encosta, onde sua abertura resulta na formação de taludes, modificando o fluxo de matéria e energia do ambiente (KROEFF, 2010). Nessa perspectiva que o solo se torna um recurso natural importante de análise de trilha turística para a conservação da geodiversidade, pois o mesmo apresenta fácil mobilidade espacial, principalmente quando degradado, sendo um elemento modificador da paisagem, podendo afetar negativamente os componentes da geodiversidade local.

Apesar de determinadas trilhas apresentarem suave inclinação em seu trajeto, pesquisas relacionadas a distintos tipos de uso e manejo de solos salientam a importância de se pesquisar a influência do escoamento e da hidrologia de ambientes degradados sob terrenos de baixa declividade, como 3° ou 5°, pois já são suficientes para ocorrência de erosão na superfície do solo (JORGE e GUERRA, 2013; RANGEL *et al.*, 2019). Arnáez *et al.* (2015) ressaltam que as elevadas taxas de perda de solo que ocasionam problemas socioambientais, por exemplo, estão associadas à falta de práticas conservacionistas, ou seja, utilizam o solo em excesso, chegando a extrapolar sua capacidade de resiliência.

Mesmo em áreas florestadas, os sedimentos transportados influenciam na dinâmica do canal fluvial, sendo um elemento modificador da paisagem. Faria (2014) resalta que a mobilização de detritos orgânicos, que entram nos fundos de vales, chega a 20 t/ano, comprometendo a dinâmica do transporte de sedimentos. Desse modo, áreas florestadas com trilhas em avançado grau de degradação apresentam uma mobilização de partículas sólidas, tanto orgânicas, quanto minerais, em maior volume para os rios, o que pode representar um distúrbio na dinâmica dos sistemas fluviais e afetar os elementos da geodiversidade desses ecossistemas.

Por isso, analisar a capacidade de drenagem e armazenamento da água no solo é importante para entender as taxas por escoamento superficial. O potencial total da água ajuda a entender a retenção e a movimentação do líquido no sistema. Dessa forma, a água se movimenta do potencial total negativo mais alto para o mais baixo e a variabilidade desse processo está

intimamente relacionada com a permeabilidade do solo. Nessa perspectiva, o potencial total da água no solo se dá por meio de um conjunto de diferentes tipos de energia potencial, que somadas resultam no potencial total (BRADY e WEIL, 2013). Tendo como base esses autores, observa-se como a matriz de solo é representativa para se compreender a dinâmica dos fluxos de energia e matéria de uma paisagem, bem como o uso e manejo dos solos pode alterar o equilíbrio da interação dos elementos que o compõem. Logo, uma trilha que se encontra degradada irá redistribuir espacialmente e, em maior volume, água e partículas de solo, o que pode comprometer a geoconservação.

Portanto, objetivou-se realizar um levantamento das propriedades físico-químicas do topo do solo e do processo de formação de crosta, bem como analisar a macromorfologia do perfil dos taludes de uma trilha degradada e abandonada. Também foi monitorado o potencial matricial e a formação do escoamento superficial no piso da trilha, contabilizando as taxas de perdas de água e de partículas. Procurou-se relacionar as propriedades físico-químicas e o potencial matricial encontrados com a formação e a taxa de escoamento e de perda de solo.

A tese também teve como objetivo o aproveitamento do solo descartado em laboratórios de Geociências para a elaboração de materiais didáticos práticos que auxiliem na formação de professores e no processo de aprendizagem de alunos do ensino básico, tendo como foco temas relacionados aos processos ambientais, visando à conservação dos elementos físicos naturais.

### **Questionamentos**

Nessa perspectiva, a tese questiona como ocorre o processo de formação de escoamento e erosão do solo em trilha, e quais são seus principais fatores controladores. Esta questão se torna importante, uma vez que o ambiente de trilha, apesar de se localizar em encostas, muitas vezes, não está sofrendo com os mesmos impactos de uma área degradada de encosta, pois a morfologia da encosta pode ter sido alterada para a formação da trilha, deixando-a exposta à influência hidrológica do novo talude que se formou.

Outra questão surge ao se analisar a exposição do solo, quando ocorre corte de encosta para a formação de trilha: quais são os horizontes expostos que estão interagindo superficialmente com os agentes externos, e como está influenciando nos processos erosivos e de escoamento superficial? Esse questionamento se torna relevante, uma vez que o corte de encosta expõe horizontes do solo que são menos resistentes aos agentes modeladores do relevo, possuindo, como exemplo, baixo teor de matéria orgânica e resistência de agregados em detrimento ao horizonte A.

Como consequência da erosão acelerada e do fluxo de escoamento, pode ocorrer o processo de formação de crosta e uma nova questão surge: como se dá esse processo de formação de crosta, uma vez que na trilha pode haver a ocorrência de diferentes horizontes expostos?

Um questionamento se alavanca no processo de deslocamento de partículas sólidas que constituem o solo: quais são as frações granulométricas que estão sendo transportadas e quais estão apresentando maior resistência ao deslocamento por meio do escoamento superficial? Entender as características físicas e químicas do solo, bem como a sua textura, são parâmetros importantes na análise da erosão de solo e sua evolução. Principalmente quando se trata de um Latossolo, o qual está situado na trilha, que possui característica de textura do horizonte B argilosa.

Considerando a relação interdependente dos elementos e processos associados no solo de uma trilha de encosta: quais são os índices pluviométricos necessários para o início de formação de escoamento superficial e como o conhecimento desse processo pode respaldar o acesso a trilhas em períodos de previsão de chuva?

E, por fim, como a difusão e popularização do conhecimento científico pode respaldar o processo de ensino-aprendizagem da educação ambiental, para contribuir com a construção de sujeitos ativos e críticos que se sensibilizem com as questões de conservação dos recursos naturais?

Portanto, essas questões ampliam o debate acerca da geoconservação para o campo de atuação dos Geógrafos e Geomorfólogos, uma vez que a análise espacial e interação dos elementos que compõem os ecossistemas são o foco do desenvolvimento da pesquisa.

### **Justificativa e relevância da pesquisa**

A área de estudo, no município de Ubatuba, representa um lugar de grande importância para fins de lazer e bem-estar de muitos indivíduos, uma vez que está situada no litoral norte do estado de São Paulo, possuindo atrativos naturais que agregam no enriquecimento da beleza da paisagem da área. O município possui praias e cachoeiras de belezas ímpares que estão situadas em bioma de Mata Atlântica, possuindo maior parte de seu território (80%) inserido no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). Este, por sua vez, representa um ambiente de Unidade de Conservação (UC), que conjuga em seu espaço recursos ambientais importantes para o adequado funcionamento do ecossistema (GUERRA, 2016; JORGE *et al.*, 2016; JORGE, 2017).

Essa beleza, portanto, tornou-se cenário almejado de descanso e lazer para muitos turistas. Contudo, essa relação do homem com a natureza requer um cuidado minucioso e adequado, principalmente em se tratando de uma UC, que está localizada em mata Atlântica, esta que é o principal bioma em risco de extinção brasileiro e um dos cinco mundiais (MYERS *et al.*, 2000; BUZATO, 2012). A justificativa desse trabalho está justamente na relação homem X natureza e as implicações ambientais que essa relação desencadeia no meio ambiente. O acesso às praias e cachoeiras, em muitos casos, ocorre por meio de trilhas, que passam pela floresta, essas, por sua vez, não são utilizadas e manejadas adequadamente e, em muitos casos, sem controle de visitantes, ultrapassando o limite de carga que a trilha suporta, do modo como foi elaborada.

Nesse desequilíbrio, da relação da atividade humana com a natureza, ocorrem perturbações nos sistemas ambientais, culminando em possíveis rompimentos do equilíbrio da funcionalidade ambiental (JORGE *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2016). A pesquisa, tendo como foco os processos hidroerosivos em trilha, também se justifica, pois contribuirá para entender esta problemática como um sinalizador de degradação do meio ambiente, corroborando à geoconservação local e para estudos de planejamento de trilhas turísticas, além de destacar o impacto que uma “simples” via de deslocamento (trilha) pode provocar, afetando as relações dos elementos (bióticos e abióticos) que constituem os ecossistemas.

As trilhas são vistas, pela maioria, como um local de acesso estreito, que são abertas para se improvisar um caminho de deslocamento (KROEFF, 2010; SAFARI *et al.*, 2016). Essa visão simplista alavanca a relevância da pesquisa, pois é através da falta de informação por parte da comunidade local e do adequado manejo, que se propagam os problemas hidroerosivos, pois não observam que as trilhas pertencem a um contexto maior, estando inseridas em sistemas ambientais complexos, logo, a sua formação requer um planejamento adequado, tendo como ponto de partida a análise do relevo, solo, clima e outros elementos e variáveis ambientais.

Revela-se importante a pesquisa, pois, muitas vezes, não se tem um parâmetro que julgue que a trilha está em um processo de degradação, afetando os sistemas ambientais. Os processos hidrológicos e erosivos são exemplos de trocas de fluxos de matéria e energia existentes entre os diversos níveis de sistemas de um ecossistema, e a erosão acelerada desencadeada na trilha pode culminar em possíveis problemas ambientais e impactar os elementos que compõem a geodiversidade. Analisar esses fluxos e suas distribuições espaciais é importante para o sucesso da geoconservação.

Nessa perspectiva, a pesquisa possui como relevância principal o monitoramento dos processos hidrológicos e erosivos, em estação experimental inserida em uma trilha degradada abandonada, possuindo, portanto, singularidade e originalidade, visto que o monitoramento e construção de estação em trilhas comuns são complicados, já que se trata de um local estreito de passagem. Trata-se de uma pesquisa, deste modo, que inova na aquisição dos dados analíticos nas trilhas, pois o monitoramento está sendo elaborado com as mesmas condições climáticas de outras trilhas próximas em Ubatuba, sendo os processos hidrológicos e de escoamento superficial analisados *in situ*, com maior fidelidade da realidade desses ambientes modificados.

A pesquisa de tese também debate o descarte de solos nos laboratórios de Geociências e, bem como o desenvolvimento da educação ambiental no ensino básico. Desse modo, pretendeu-se aliar a reutilização dos solos utilizados nas análises físicas com a elaboração de materiais didáticos para a educação de solos, deixando de desperdiçar esse recurso natural e aproveitando o mesmo como material educativo para aproximar temas e conteúdos de ciências do solo e Geografia Física da realidade dos alunos, por meio de aulas práticas das propriedades do solo.

Portanto, a pesquisa se baseia em métodos e técnicas de análises quantitativas e qualitativas dos elementos que compõem a paisagem, por meio de uma perspectiva geomorfológica, para o diagnóstico do nível de degradação de trilha, uma vez que esta se encontra inserida no contexto da geodiversidade.

## **Objetivos**

### **Geral**

Por meio de uma pesquisa sistêmica, e com base nos conhecimentos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, objetiva-se analisar os processos hidroerosivos de uma trilha abandonada e degradada. Desse modo, o objetivo geral é analisar a trilha como sistema aberto e com influências hidrológicas da encosta, e como essa dinâmica culmina na ocorrência de erosão e no estágio de degradação. A fim de se promover a geoconservação da área, objetivou-se o aproveitamento do solo descartado em laboratórios de Geociências para a elaboração de materiais didáticos práticos, tendo como foco temas relacionados aos processos ambientais.

## **Específicos**

Para se alcançar o objetivo central da pesquisa, foram delineados nove objetivos específicos que auxiliam, em conjunto, na sistematização do tema da tese:

1. analisar temporalmente o padrão da chuva na área de estudo;
2. analisar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo na encosta modificada;
3. relacionar a atividade da biota edáfica na trilha e no talude com índices de temperatura do solo;
4. analisar e monitorar a erosão e o transporte do solo no piso da trilha degradada;
5. analisar o processo de formação de crosta no piso da trilha e suas características físicas e químicas;
6. compreender a influência da temperatura do solo nas taxas de umidade do mesmo;
7. monitorar a dinâmica de infiltração, drenagem e estocagem da água no piso da trilha;
8. monitorar o processo de escoamento e perda de solo e água na trilha;
9. contribuir com resultados da geodinâmica da encosta e da trilha para a confecção de material didático, visando à efetiva geoconservação da área por meio da educação ambiental.

## **CAPÍTULO 1: EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL**

O capítulo se torna pertinente para compreendermos como o adequado uso e manejo de trilha pode ser um importante meio de mitigar problemas relacionados à manutenção da geoconservação, em áreas de elevado interesse turístico. Para tanto, conceitos importantes como geodiversidade, patrimônio geológico e geomorfológico e geossítios serão apresentados e discutidos, a fim de se entender como o solo e a trilha se inserem no contexto da geoconservação.

O solo é um dos principais recursos naturais que compõem o conjunto dos elementos abióticos da geodiversidade, e sua íntima relação com a biodiversidade se torna uma parceria de benefícios mútuos para garantir o equilíbrio de ambos os sistemas. Nessa perspectiva, será discutido, também, aspectos relacionados à degradação do solo, erosão, drenagem e escoamento superficial, pois o alicerce da pesquisa está na utilização dos conhecimentos geográficos e geomorfológicos para o aprofundamento do debate da geoconservação (GUERRA, 2018).

Logo, considera-se o espaço geográfico na interpretação dos elementos que se redistribuem na paisagem, como solo e água, estes que são o enfoque da pesquisa.

### **Solo, Geodiversidade e Geoconservação: amplo campo de atuação para os Geógrafos e Geomorfólogos**

Os elementos abióticos como os minerais, as rochas, os solos, os fósseis e outros que compõem um ecossistema sintetizam o conceito de geodiversidade. A origem do termo é da década de 90, presente em artigos da Tasmânia (Austrália) e na Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística (1993) que ocorreu no Reino Unido. Estes elementos dão suporte para sustentar a biodiversidade (fauna e flora) e para manter o equilíbrio de distintos ecossistemas (GRAY, 2004; BRILHA, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2008; JORGE e GUERRA, 2016).

O solo, recurso natural que compõe a geodiversidade, é descrito por Brady e Weil (2013) como corpo inconsolidado e composto por partículas minerais e matéria orgânica que recobre a superfície da Terra e sustenta a vida. Também apresenta uma organização estrutural definida, sendo um sistema trifásico, pois se divide entre a fração: sólida, líquida e gasosa. Lepsch (2011) reforça a interdependência entre os elementos bióticos e abióticos nos ecossistemas, ou seja, para um solo com boa qualidade é necessário que o mesmo possua vegetação e organismos vivos, o que auxiliará na formação de poros e drenagem da água, bem como no incremento de matéria orgânica no solo, que confere maior resistência aos agregados. Assim como para a manutenção da biodiversidade, os elementos abióticos são essenciais, pois possuem nutrientes para plantas, sendo uma mútua relação de interdependência.

Contudo, o foco concedido às pesquisas e à difusão do conhecimento científico para a conservação dos sistemas ambientais tem maior peso para os elementos biológicos, no caso a fauna e flora de uma determinada área. Esses elementos, que compõem a biodiversidade de um ecossistema, representam com frequência o principal atrativo turístico de um lugar. No entanto, a morfologia peculiar de um ecossistema, ou a ocorrência de uma rocha diferenciada, também são elementos de apelo turístico que despertam interesses tanto científico, quanto cultural e de ensino, por exemplo. Nessa perspectiva que surge o termo geodiversidade, pois representa a descrição dos elementos abióticos da natureza em estudos geológicos e geomorfológicos, onde a rocha, as suas propriedades químicas e mineralógicas, os fósseis, bem como o relevo irão compor uma paisagem com belezas únicas (GRAY, 2004; BRILHA, 2005; JORGE 2017).

A geodiversidade conceituada por Stanley (2005) se assemelha ao conceito de paisagem<sup>3</sup>, muito trabalhada nas pesquisas geográficas e geomorfológicas, pois o autor a caracteriza considerando a interação dos elementos abióticos com a biodiversidade, a atuação humana e as distintas culturas existentes. Desse modo, considera-se a interação entre solo, vegetação, homem, água, clima e outros, de modo sistêmico e complexo, e, uma vez a paisagem sendo considerada mutável, os elementos abióticos que a compõem também se encontram em constante transformação.

O solo, composto por partículas minerais e orgânicas, representa um dos elementos abióticos da geodiversidade de maior mobilidade espacial, principalmente quando se encontra degradado e em estágio de erosão acelerado, redistribuindo-se na paisagem. Desse modo, Zhang *et al.* (2015) enfatizam a mudança dos padrões da paisagem em estudos de mobilização de matéria orgânica do solo por meio do escoamento.

Valentin *et al.* (2005), Faria (2014) e Kirkels *et al.* (2014) salientam que o material orgânico, ao se deslocar e se redistribuir no espaço, pode interferir na qualidade do solo *on site*, intensificando o processo erosivo pela perda desses nutrientes. Esse material irá se depositar, principalmente, em fundos de vales, alterando a dinâmica fluvial e poluindo rios e lagos pelo excesso de material orgânico diluído em água.

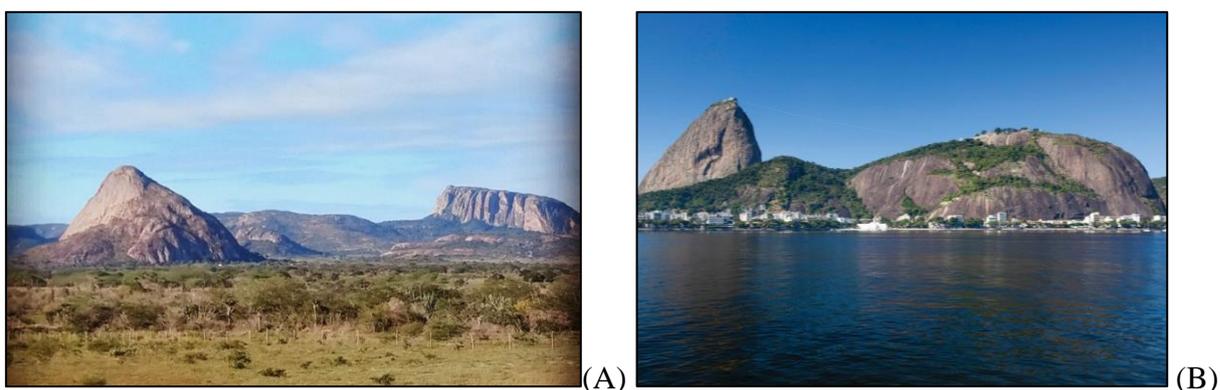
Portanto, a geodiversidade possui amplitude conceitual, que não se limita ao estudo dos elementos abióticos isolados, mas sim na contextualização desses elementos em um conjunto de processos que irão atuar em um determinado recorte espacial, estabelecendo interações sistêmicas e complexas com o meio e possuindo uma funcionalidade ambiental, além de despertar interesses sociais e econômicos. Essa definição insere os Geógrafos nessas pesquisas, que têm maior enfoque geológico, enriquecendo o desenvolvimento do conhecimento científico e corroborando, por meio de distintas visões acadêmicas, para a conservação do solo, rocha, fósseis, minerais e outros, ou seja, para se alcançar a geoconservação.

Guerra (2018) questiona o papel dos solos na sustentabilidade dos ecossistemas e enfatiza como é conferido aos recursos hídricos maior destaque nesse tema. Contudo, os solos estão intimamente relacionados à riqueza dos recursos hídricos, chamado binômio solo/água. O autor pondera, também, que o solo representa um importante legado pedológico em muitas pesquisas sobre geoturismo, contudo, maior destaque se dá aos outros elementos abióticos como rocha, minerais e fósseis.

---

<sup>3</sup> Paisagem é composta por elementos do passado e do presente e sua formação se dá por meio da interação sistêmica e instável entre os elementos físicos, biológicos e humanos, estando em constante transformação (BERTRAND, 1972; RODRIGUEZ *et al.*, 2010).

Brilha (2005) salienta a diferença entre geodiversidade e geossítios, onde a primeiro representa a variedade de rochas, minerais e fósseis que constitui o planeta e o segundo se limita a uma parcela dessa variedade que possui singularidade e que deve ser conservado, formando um patrimônio geológico (figura 1 A e B). Brilha (2016) pondera a relevância dos geossítios para a educação e abrange o conceito considerando o valor dos recursos abióticos para o desenvolvimento da formação educacional. Nessa perspectiva, novos desdobramentos de estudos surgem para outras ciências atuarem nesses temas, que valorizam as riquezas da geodiversidade, principalmente nas áreas das ciências sociais, que têm como foco a relação da sociedade com a natureza.



**Figura 1.** Inselbergues graníticos do semiárido baiano (A); Pão de Açúcar: formação geológica turística do município do Rio de Janeiro composta majoritariamente por gnaiss (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2018) e (2015), respectivamente.

Pesquisas de Costa (2008), Jorge (2017) e Guerra (2018) são exemplos que consideram a percepção humana para o desenvolvimento do geoturismo e ecoturismo. Os autores reforçam o papel das comunidades locais para a valorização de uma atividade turística consciente, o que auxilia para se alcançar a geoconservação.

Desse modo, os parâmetros que definem geoconservação se alicerçam na proteção dos elementos abióticos. No Brasil, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) é o órgão responsável pelo inventário, pela qualificação e quantificação dos geossítios e sítios da geodiversidade por meio do aplicativo GEOSISIT - Cadastro de Sítios Geológicos (Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade). Estes dois termos se diferem, pois seguem distintos critérios de avaliação de Garcia-Cortés e Urquí (2009) e Brilha (2016), onde a avaliação qualitativa de um potencial geossítio está relacionada aos elementos que possuem valor científico e que se destacam pela:

- *Representatividade*: ilustração de um processo geológico imprescindível para a compreensão do tema, processo, característica ou contexto geológico;
- *Integridade*: estado da conservação do geossítio, considerando os processos naturais e as atividades sociais;
- *Raridade*: quantidade de geossítios na área de estudo que possuem atributos geológicos semelhantes;
- *Conhecimento científico*: considera a base de dados publicada cientificamente.

Portanto, os sítios geológicos com valor científico, segundo a CPRM (2018), se destacam pela ocorrência de um determinado material, ou processo geológico, e que se encontram em bom estado de conservação, além de possuir atributos raros, onde os dados científicos sejam relevantes e tenham sido publicados. O valor atribuído ao conhecimento científico, por meio do aplicativo, alcança um limite de 200, inferior a este valor os elementos não se enquadram nos parâmetros de um geossítio, logo, não possuem valor científico significativo e podem se enquadrar como um sítio da geodiversidade.

Os sítios da geodiversidade, desse modo, se caracterizam por não possuir significativo valor científico, contudo, representam importantes elementos abióticos de valor educativo e/ou turístico, tendo que ser conservado para se viabilizar a sustentabilidade dos recursos abióticos com a sociedade (CPMR, 2018). Quatro parâmetros devem ser seguidos, segundo a metodologia de Brilha (2016), para se avaliar o valor educativo qualitativamente:

- *Potencial Didático*: relacionado à compreensão de um recurso geológico pelos estudantes de diferentes níveis de ensino (da educação básica até a universitária);
- *Diversidade Geológica*: quantidade de diferentes tipos de feições da geodiversidade no mesmo recorte espacial;
- *Acessibilidade*: acessibilidade ao local por estudantes comuns, considerando a dificuldade e tempo gasto a pé;
- *Segurança*: considera o risco e as condições de visita para os alunos.

Os sítios da geodiversidade podem conter potencial de uso turístico e os critérios para sua avaliação seguem os mesmos padrões de acessibilidade e segurança adotado acima, destacando dois atributos que se diferem: o cenário e o potencial interpretativo (Figura 1B):

- *Cenário*: beleza visual do sítio geológico (paisagem ou afloramento);

- *Potencial Interpretativo*: capacidade de um recurso geológico ser facilmente entendido por leigos;
- *Acessibilidade*: acessibilidade ao local pelos visitantes, considerando a dificuldade e tempo gasto a pé;
- *Segurança*: condições de visitação, levando em consideração o mínimo risco para os visitantes.

Zwoliński *et al.* (2018) enfatiza que apesar de uma sólida definição dos atributos que vão inventariar e qualificar os elementos abióticos, observa-se a dificuldade em se avaliar a geodiversidade, uma vez que leva em consideração questões cognitivas do indivíduo. Logo, observa-se uma qualificação atrelada a uma subjetividade que depende de parâmetros éticos e os parâmetros científicos adotados por cada área da ciência. Os autores questionam também como conservar só os elementos de interesse específico, se todos os elementos que compõem a paisagem interagem e são ativos para a construção da mesma, sendo responsáveis pela regulação de funcionalidades ambientais importantes?

Nesse sentido, uma avaliação seguindo os métodos qualitativo-quantitativos são os mais avançados e com resultados mais confiáveis. A vantagem desse método proposto por Zwoliński *et al.* (2018) está na integração de dados de diferentes fontes e com diferentes conteúdos e seu amplo uso dentro de sistemas de informações geográficas, tanto no estágio de coleta de dados e integração de dados, quanto durante o processamento numérico e a apresentação dos resultados. Contudo, sua limitação se pauta na dificuldade de se validar os resultados. Os autores ponderam que o sucesso para o desenvolvimento de métodos qualitativo-quantitativos está associado às questões cognitivas e deve ser orientado pela ontologia<sup>4</sup> e a Web Semântica<sup>5</sup>.

Constata-se que a geoconservação ainda é incipiente no Brasil, apesar de apresentar a maior geodiversidade mundial. Os elementos da geodiversidade que possuem maior volume de pesquisas a nível nacional estão atrelados às rochas e aos minerais. A SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos) atua apenas na inventariação dos geossítios, mas pouco atua, ou cria medidas mitigadoras, para a proteção e conservação desses ambientes, ficando vulneráveis às ações de uso e ocupação degradadoras (CLAUDINO-SALES, 2018).

---

<sup>4</sup> A palavra ontologia é formada por outras duas: onto que significa “o Ser” e logia, “estudo ou conhecimento”. Desse modo, Ontologia significa “estudo ou conhecimento do Ser, dos entes, ou das coisas tais como são em si mesmas, real e verdadeiramente” (SCHIESSL, 2007).

<sup>5</sup> A Web Semântica representa uma extensão da web, onde a informação tem um significado semântico bem definido e possibilita que pessoas e máquinas trabalhem cooperativamente (SCHIESSL, 2007).

Claudino-Sales (2018) pondera que os termos geodiversidade, geoconservação e geoturismo são recentes na produção científica em geociências, e estão fortemente associados ao campo de atuação geológica e ao patrimônio geológico, limitando o avanço da temática para outras ciências, como a Geomorfologia e Geografia. Nesta perspectiva que a substituição do termo patrimônio geológico por Geopatrimônio seria uma forma de ampliar os horizontes de atuação científica em tal temática, principalmente no campo Geográfico, uma vez que o primeiro termo privilegia aspectos geológicos.

O termo utilizado é importante para delinear a atuação do profissional competente que trabalhará com geoconservação. Apesar da Geomorfologia, Pedologia, Hidrologia e outros herdarem da geologia elementos e aspectos que influenciam suas formações, a interação entre os diversos constituintes de uma bacia hidrográfica estabelecem relações entre si de modo interdependentes e com graus de liberdades variados, compondo um geossistema complexo. Nessa perspectiva, não cabe privilegiar um elemento ambiental para designar o termo, se a atuação científica tiver como principais parâmetros aspectos geomorfológicos, ou pedológicos.

Portanto se questiona: e as relações que se desdobram no meio natural e social? Como os elementos interagem e atuam no espaço geográfico? Quais os impactos e soluções? Mais importante, desse modo, é estabelecer o recorte espacial e objeto de estudo da pesquisa que norteiam os parâmetros para a geoconservação, e o termo utilizado será baseado nas características dos elementos naturais e sociais que fazem parte da pesquisa. Eventos internacionais como o “III Encontro Luso-Brasileiro de Patrimônio Geoformológico e Geoconservação”, em outubro de 2019 em Portugal, é exemplo recente do avanço dessa temática para outras áreas do conhecimento científico. Bem como a revista internacional *Geoheritage* (ISSN: 1867-2477), que possui 10 anos desde a sua primeira publicação e que tem como prioridade temas que abordam as relações entre a biodiversidade e geodiversidade, os aspectos culturais e educativos dos elementos abióticos e estratégias de geoconservação.

O termo geopatrimônio (*Geoheritage*) foi utilizado por Sharples (2002) e pondera a diversidade de elementos que compõem a geodiversidade, distanciando-se da concepção de patrimônio geológico, que remete às exclusivas características dos preceitos geológicos. Nessa perspectiva, o geopatrimônio constitui um conjunto de elementos abióticos que se distribuem espacialmente e, assim, a sua preservação se torna importante devido a sua relevância patrimonial. Logo, o geopatrimônio contempla não só o patrimônio geológico, mas também o patrimônio geomorfológico, patrimônio hidrológico (figura 2) e dentre outros (RODRIGUES e FONSECA, 2008). Portanto, todos os elementos que compõem a geodiversidade e que possuem

determinado valor (educativo, turístico, científico, cultural/social e ambiental) devem ser conservados, ou seja, possuir estratégias de geoconservação.



**Figura 2.** Encontro das Águas no rio Amazonas (Encontro das águas do rio Solimões e o rio Negro) como exemplo de geopatrimônio hidrológico. Foto: Leonardo S. Pereira (2012).

O termo geopatrimônio, portanto, engloba aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e de solos que possuem valores singulares e diferenciados, sendo importantes patrimônios a serem conservados. Partindo desse pressuposto, as trilhas turísticas exprimem relação direta com o entendimento da qualidade do solo (elemento abiótico da geodiversidade), pois o mesmo é um dos principais recursos naturais a sofrerem impactos desde a abertura da trilha (corte de encosta e retirada da cobertura vegetal), até na sua constante utilização por meio do pisoteio turístico. Estes impactos, para serem minimizados e o solo estabelecer boa harmonia na interação com os elementos de seu entorno, exprime a importância de sua geoconservação, além de ser um recurso natural importante no processo de educação ambiental. Ou seja, as trilhas devem ser analisadas de modo sistêmica, principalmente do ponto de vista socioambiental e geográfico.

### **Estado da arte das pesquisas em trilhas de 1970 até 2018**

A maior parte das trilhas surgiram por meio de caminhos tradicionalmente utilizados por determinadas comunidades para se locomoverem. No período colonial nacional, os caminhos abertos por índios (trilhas) eram utilizados pelos portugueses para facilitar o acesso

ao interior do continente (KROEFF, 2010; GOMES e MENDONÇA, 2017; COSTA e OLIVEIRA, 2018).

No período imperial, as descobertas de novos espaços dotados de belezas e recursos naturais em abundância foram despertando nos colonizadores o avanço da ocupação nesses espaços. A formação geológica e geomorfológica do Estado do Rio de Janeiro, com relevos acidentados e densa vegetação da floresta de Mata Atlântica, fator geográfico limitante de deslocamento devido à tecnologia e os recursos de mobilidades presentes na época, não representou uma barreira física que impedisse a ambição do império de ocupar a Região Serrana do Estado do Rio. O Parque Nacional da Serra dos Órgãos congrega rica biodiversidade e geodiversidade, que foram os chamarizes de Dom Pedro I e II para instalar sua residência de veraneio (GONÇALVES e EDLER, 2009; MARINHO, 2015).

A mobilidade, portanto, ocorreu por meio da abertura de trilhas para conhecer os novos espaços a serem ocupados. Essas trilhas serviram de deslocamento para a corte imperial portuguesa, formando os caminhos do Brasil imperial. A cidade de Petrópolis, conhecida como cidade imperial, exprime todo esse processo histórico de ocupação dos espaços em áreas de difícil acesso devido aos fatores geográficos.

O avanço da atividade turística em áreas naturais representou uma mudança cultural de fortalecimento do bem-estar social, associado à contemplação dos elementos ambientais. Portanto, atualmente, os geocientistas vêm se aprofundando nos conhecimentos sobre a abertura de trilhas e o tipo de uso e manejo das mesmas, a fim de preservar os recursos ambientais. Logo, devido ao interesse social nessas áreas ambientais preservadas, que culminou em impactos nas trilhas e no desequilíbrio dos elementos naturais, os cientistas iniciaram pesquisas voltadas ao conhecimento das relações humanas com a abertura de trilhas, conferindo caráter científico a esse tema, por meio de uma abordagem socioambiental, pedagógica e paisagística (quadro 1).

Os primeiros artigos que conferiram a esse tema uma perspectiva científica datam da década de 70 (WILLARD, 1970; WEBB *et al.*, 1978; BRATTON, HICKLER e GRAVES, 1979). São pesquisas dos Estados Unidos (Colorado; Hollister, Califórnia e Carolina do Norte e Tennessee) que já esboçavam a ação degradante da atividade humana nas trilhas e a preocupação referente à degradação dos recursos naturais nos Parques Nacionais das cidades (*Rocky Mountain National Park e Great Smoky Mountains National Park*). Apesar do modo simplista, devido aos recursos e técnicas limitados da época, os autores também ponderam, na análise das trilhas, a importância do conhecimento das características morfológicas do terreno

(declividade, comprimento e largura), bem como de se compreender as propriedades físicas e químicas do solo para entender os impactos associados em tal uso (quadro 1).

Tais autores desenvolveram suas pesquisas devido à preocupação do deslocamento de turistas pelas trilhas que culminou com o processo de degradação dos recursos ambientais. Contudo, também expressavam preocupação de como a comunidade local impactava negativamente a sustentabilidade e funcionalidade dos ecossistemas. Webb *et al.* (1978), por exemplo, pesquisaram como a recreação, por meio da utilização de veículos na cidade de Hollister/ Califórnia, iniciou um processo de fragilização do solo, uma vez que, para a recreação à base de veículos, as trilhas devem ter uma largura maior, logo, maior abrangência espacial do impacto. Os autores analisaram a influência do peso desses instrumentos sobre o solo, que favoreceu o processo de compactação e erosão do mesmo (quadro 1).

Na década de 80 uma revisão sobre a pesquisa em trilhas foi publicada, salientando o impacto das atividades turísticas nos elementos naturais como: solo, vegetação e organismos vivos (quadro 1). Entretanto, além dos parâmetros morfológicos do terreno para se estudar tais impactos, a análise da influência hidrológica nas transformações dos ecossistemas através da abertura de trilhas foi considerada (COPPOCK, 1982). Entender a função da água no solo e como sua dinâmica influencia em outros processos associados representou o aprimoramento de tal tema com o tempo, contudo, nenhuma análise e/ou monitoramento da hidrologia foram elaboradas.

Na década de 90 seis artigos são publicados considerando parâmetros da biodiversidade e os elementos abióticos, entretanto, é latente o aprofundamento da discussão em torno da análise de novas técnicas e métodos de diagnósticos dos impactos ambientais em prol de um turismo sustentável (MANNING e DOUGHERTY, 1995; BUCKLEY, 1996; HAROLD, 1996). Em uma perspectiva mais holística de tal problemática, surgem as primeiras discussões dos impactos negativos das atividades turísticas nos recursos naturais e na economia local, onde o conceito de ecoturismo se destaca para a subsistência de comunidades locais (HAROLD, 1996; HING e NERILEE, 1997) (quadro 1).

**Quadro 1.** Primeiras pesquisas sobre trilhas e seus parâmetros ambientais e sociais analisados.<sup>6</sup> Organizado por: Foto: Leonardo S. Pereira (2019).

Período	Autoria/ Ano	Área de estudo	UC	Análise do Talude/ Perfil de solo	Morfologia do terreno (declividade/ comprimento/ largura)	Propriedades físicas/ químicas	Hidrologia	Perda de solo/ água	Análise mineralógica	Uso/ Manejo
1990-1999	MANNING e DOUGHERTY (1995) Revisão*	-	-	-	X	-	-	-	-	Análise do impacto ambiental (solo, vegetação, organismos e outros) pela atividade turística
	BUCKLEY (1996) Revisão*	-	-	-	-	-	-	-	-	Análise de técnicas e informações para o turismo sustentável
	HAROLD (1996) Revisão*	-	-	-	-	-	-	-	-	Análise do ecoturismo para subsistência de comunidades locais

<sup>6</sup> As pesquisas de artigos sobre trilhas foram por meio do Portal de Periódicos da CAPES/MEC. As buscas foram individualizadas por décadas e se utilizou palavras-chaves para filtrar os artigos que se enquadrem na temática analisada: *soil; erosion; trail; tourism; recreation*.

	HING e NERILEE (1997) Revisão*	-	-	-	-	-	-	-	-	Análise do impacto turístico na economia, sociedade e meio ambiente
	HOGER e CHAVEZ (1998) Revisão*	-	-	-	-	-	-	-	-	Deslocamento por ciclista e turistas (conflitos entre os usuários)
	LEUNG e MARION (1999)	Carolina do Norte e Tennessee/ EUA	Great Smoky Mountains National Park	-	X	X	X	-	-	Turística/ deslocamento por trilha de turistas e animais (Cavalos)
1980- 1989	COPPOCK (1982) Revisão*	-	-	-	X	X	X	-	-	Análise do impacto ambiental (solo, vegetação, organismos e outros) pela atividade turística
1970- 1979	WILLARD (1970)	Colorado/ EUA	Rocky Mountain National Park	-	X	X	-	-	-	Turística/ deslocamento por trilha de turistas
	WEBB <i>et al.</i> (1978)	Hollister, Califórnia/ EUA	-	-	X	X	-	-	-	Recreação/ Veículos em trilha

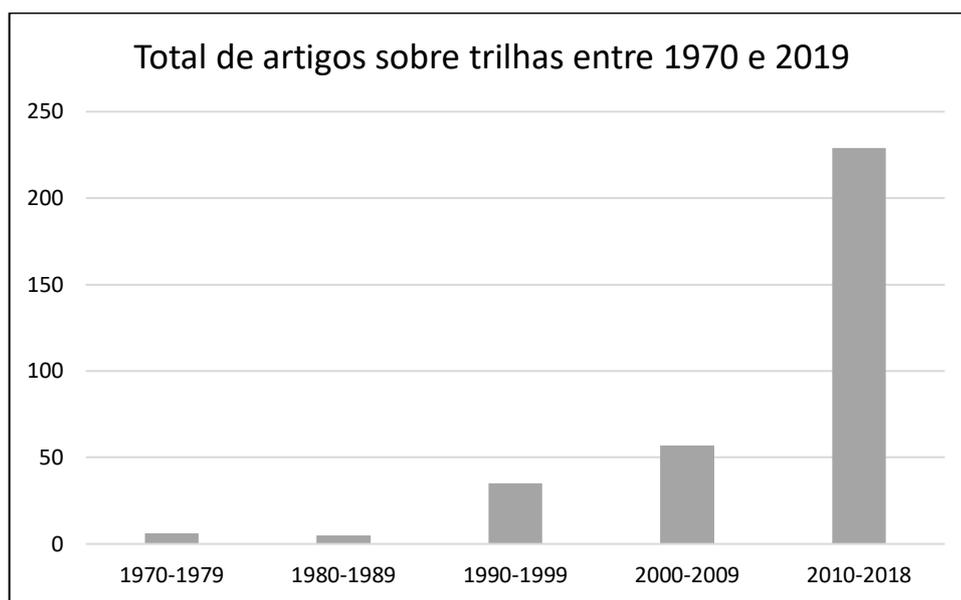
BRATTON, HICKLER e GRAVES (1979)	Carolina do Norte e Tennessee/ EUA	Great Smoky Mountains National Park	-	X	X	-	-	-	Turística/ deslocamento por trilha de turistas
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

\_ não possui análise;

X foi analisado;

Unidade de Conservação (UC).

Um salto nas publicações sobre o impacto turístico nas trilhas e em áreas naturais ocorre nas duas últimas décadas, principalmente entre 2010 e 2019, com 229 artigos publicados (figura 3). Olive e Marion (2009) inova na análise do impacto de solo advindo da atividade turística em Oneida-Nova Iorque/ Estados Unidos, pois consideram a mudança da dinâmica hidrológica e as taxas de escoamento superficial nesses ambientes. Entretanto, sua pesquisa não quantifica as taxas do volume de escoamento e perda de solo, que contribuiria para compreensão mais detalhada do nível de degradação do mesmo.



**Figura 3.** Artigos publicados em revistas científicas desde 1970 sobre trilhas<sup>7</sup>.

Observa-se que, ao analisar o gráfico, a partir da década de 90 cresce consideravelmente as publicações referentes às pesquisas de trilhas no tocante as suas degradações e impactos sociais, ambientais e econômicos. Paralelo a essa evidência, é o período em que o termo geodiversidade é utilizado mundialmente e intensifica suas preocupações em torno dos elementos abióticos que compõem as relações geossistêmicas. Apesar da tendência mundial no aumento das produções científicas, devido ao crescimento e fortalecimento de diversos grupos científicos, é notável o forte interesse na análise da atividade turística nos elementos bióticos e abióticos, principalmente nos últimos 10 anos.

O aprimoramento científico técnico-metodológico das geociências contribuiu para o fortalecimento dessa temática mundialmente. O que retrata a sua importância para auxiliar nos

<sup>7</sup> As pesquisas de artigos sobre trilhas foram por meio do Portal de Periódicos da CAPES/MEC. As buscas foram individualizadas por décadas e se utilizou palavras-chaves para filtrar os artigos que se enquadrem na temática analisada: *soil; erosion; trail; tourism; recreation*.

estudos de uso e manejo de trilhas em Unidades de Conservação (UC)<sup>8</sup>, minimizando os impactos humanos nos recursos ambientais, bem como elaborando caminhos adequados que auxiliam na melhor mobilidade turística dentro das UC's.

O Geopark<sup>9</sup> Araripe/ CE é um exemplo do esforço da comunidade científica global em preservar o Geopatrimônio, inserindo-o, assim, na Rede Global de Geoparques sob os auspícios da UNESCO (MOCHIUTTI *et al.*, 2012; MACÊDO, 2014). O retorno econômico para a comunidade ao redor do Araripe é notável, pois gera renda e emprego, e os impactos ambientais são mitigados por meio da sensibilização da importância de se conservar os recursos naturais, bem como com construção de trilhas que facilitam a mobilidade e o acesso aos geossítios, além de possuir estrutura adequada que diminui a velocidade do escoamento no piso da trilha, minimizando os impactos hidroerosivos, por exemplo (figura 4 A e B).



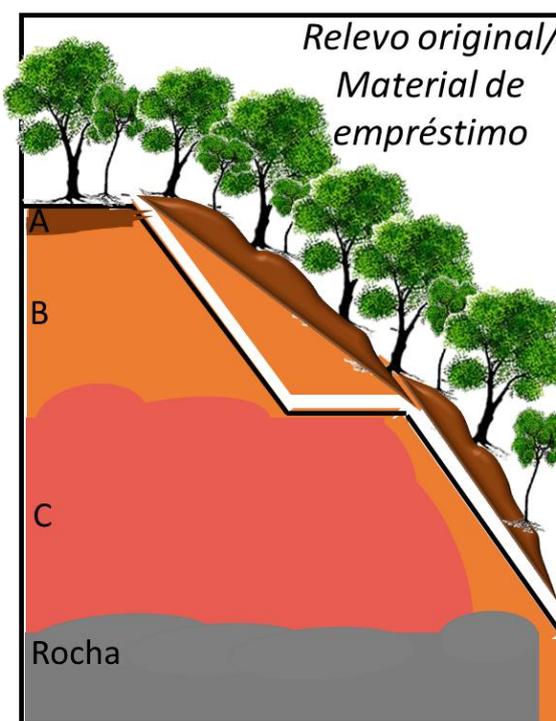
**Figura 4.** Geossítio Riacho do Meio localizado no Cariri/CE. Mapa de localização pontos dos elementos da geodiversidade que se encontram na trilha (A); Estrutura do piso da trilha para facilitar o acesso e diminuir impactos ambientais (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2018).

Atualmente, as pesquisas atreladas às trilhas consideram os impactos no solo e como este está perdendo suas funções ecossistêmicas. Pesquisas de Jorge (2017), Rangel (2018) e Rangel *et al.* (2019) exemplificam o aprimoramento dessa temática, uma vez que consideram no planejamento e gestão de UC's as propriedades do solo, este que é o meio de deslocamento

<sup>8</sup> No Brasil, a Lei nº 9.985/00 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), responsável por regulamentar e proteger áreas naturais e seus recursos.

<sup>9</sup> É um território com limites bem definidos que tem uma área suficientemente grande para que sirva ao desenvolvimento econômico local. Compreende certo número de sítios associados ao patrimônio geológico de importância científica especial, beleza ou raridade, representativo de uma área e de sua história geológica, eventos ou processos. Além disto, um geoparque deve ter valor ecológico, arqueológico, histórico ou cultural (UNESCO, 2005; CPRM, 2018).

na maioria das trilhas, analisando seu nível de depauperamento, índices de erodibilidade<sup>10</sup>, e sua dinâmica frente aos usos turísticos e da comunidade ao seu entorno. Os autores utilizam técnicas e métodos geomorfológicos e pedológicos para analisar a qualidade do solo dessas áreas, a fim de se estabelecer adequado uso e manejo das UC's. Também salientam que se deve considerar o talude na análise dos processos hidroerosivos em trilhas situadas em encostas, já que essas áreas, geralmente, estão expostas e sem cobertura vegetal, ou seja, susceptíveis aos agentes modeladores do relevo (figura 5).



**Figura 5.** Ilustração da formação de trilhas e taludes em encosta, bem como da exposição dos horizontes de solos após a retirada do material de empréstimo. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2018).

Desta forma, na concepção de uma trilha que almeja a sustentabilidade entre os agentes socioambientais, entende-se que são caminhos existentes, ou estabelecidos, com formas, comprimentos e larguras diversificadas, tendo como objetivo aproximar o visitante ao ambiente natural (geossítios, por exemplo), possibilitando seu entretenimento e/ou educação, por meio de sinalizações e recursos interpretativos.

<sup>10</sup> Capacidade que o solo tem em erodir, logo, a sua vulnerabilidade e/ou suscetibilidade à erosão (MORGAN, 2005; GUERRA, 2009; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012).

Portanto, as trilhas devem ser inseridas nas pesquisas de geoconservação, pois são nesses ambientes que os visitantes têm o primeiro acesso nas UC's. Logo, os riscos na mobilidade por essas vias devem ser minimizados, por meio de estudos específicos de vulnerabilidade do solo, por exemplo, frente ao pisoteio, considerando a capacidade de resistência e resiliência dos elementos naturais.

### **Solo: sua funcionalidade, propriedades, seus processos associados e sua relação com a organização social do espaço**

A erosão acelerada é uma problemática mundial, pois tem sua ocorrência em distintas espacialidades e temporalidades, abrangendo diversas escalas. Diversos fatores influenciam nesse processo como a declividade do relevo, a cobertura vegetal, o uso e manejo do solo, e a intensidade da chuva. Seis milhões de hectares por ano é a estimativa, a nível mundial, de perda de solos, em decorrência do processo erosivo acelerado. Essa problemática se caracteriza como um dos processos geomorfológicos de maior distribuição espacial de matéria e energia, desequilibrando outros sistemas que se encontram ao seu redor (MORGAN, 2005; PIMENTEL, 2006; GUERRA, 2014; GUERRA *et al.* 2017).

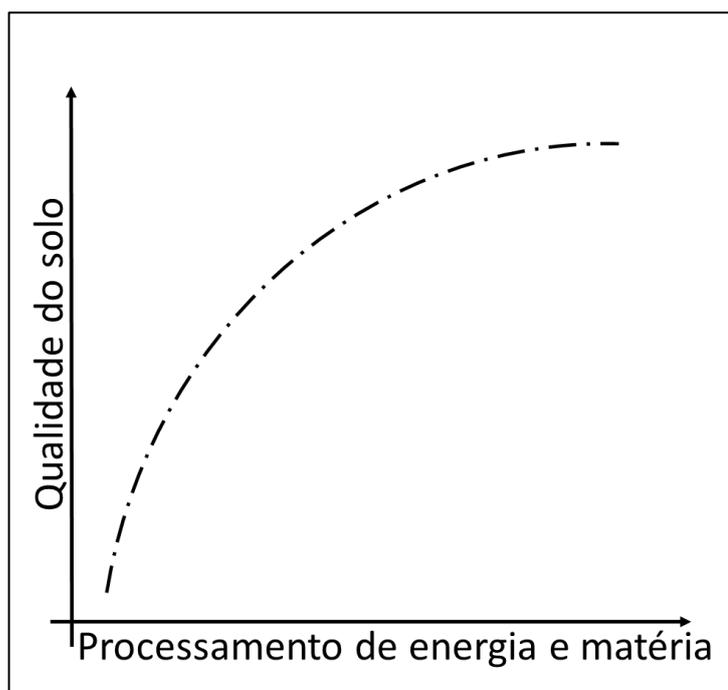
A perda da funcionalidade do sistema solo no processamento de energia e matéria em áreas urbanas e agrícolas, tem provocado sérios impactos nas atividades e organizações sociais, visto os desequilíbrios de drenagem e estocagem da água nos solos, advindos de usos e manejos inadequados, que culminam na perda das propriedades físico-químicas desse recurso natural. O solo, que é um dissipador de energia e matéria, quando se encontra depauperado, representa negativos impactos no ciclo hidrológico, por exemplo, favorecendo que o excedente desse material não absorvido seja liberado em seu entorno (TRICART, 1981; CHRISTOFOLETTI, 1999; BOWEN, 2015; EVARISTO *et al.*, 2015; GUERRA, 2016).

Desse modo, esse recurso natural, que também é compreendido como um sistema trifásico dividido entre sólido, líquido e gasoso, se configura um geossistema que compõe e modifica uma paisagem, capaz de processar distintas cargas de matéria e energia dispostas no meio ambiente (LEPSCH, 2011; VEZZANI e MIELNICZUK, 2011).

A capacidade de processamento de tal sistema pode indicar o grau de qualidade do mesmo, conforme o nível de seu desenvolvimento pedogenético, bem como sinaliza o volume de matéria que poderá ser absorvido e/ou descartado. Assim, são os elementos e atributos que compõem os solos que exprimem sua função ambiental, uma vez que estes são os mecanismos responsáveis pelo processamento da energia e matéria (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011).

O clima, tempo, tipo de cobertura vegetal, relevo, presença de organismos vivos (macro e microfauna) e material de origem (mineral e orgânica) do solo são os elementos e atributos fundamentais que interagem entre si e constituem a complexidade e dinâmica do sistema. Juntos são responsáveis pelo processamento de elementos químicos ambientais (ciclo biogeoquímico) e o ciclo hidrológico, que ocorre no solo, sendo esses distribuídos nos espaços, além de compor as paisagens (WINCK *et al.*, 2014).

A interação harmônica entre esses elementos está intrinsecamente relacionada com o nível de risco socioambiental de determinada área, visto que a resistência do solo depende da qualidade dos mesmos, bem como do tipo de uso e manejo, ações essas que podem comprometer a qualidade do solo e o processamento de energia e matéria (figura 6). Estes, quando não dissipados e/ou absorvidos pelo solo, redistribuem toda a carga na paisagem, aumentando os riscos sociais frente aos desequilíbrios ambientais (CHAPONNIERE *et al.*, 2008; WAUTERS *et al.*, 2010; SANT'ANNA NETO, 2011; HEWITT e MEHTA, 2012; PALOMO, 2017). Por conseguinte, compreende-se como a análise do solo está diretamente associada na prevenção de riscos socioambientais, já que a alteração do primeiro irá implicar na variabilidade do segundo, ou vice-versa.



**Figura 6.** Relação entre a qualidade do solo e o processamento de energia e matéria. Organizado por: Leonardo S Pereira (2019).

A cobertura vegetal é fundamental para se manter uma boa estrutura do solo, e, assim, auxiliar no fluxo de energia e matéria em sua matriz. As raízes auxiliam na formação de poros e na conectividade entre os mesmos, que servem de caminhos para a percolação da água pelo sistema, contribuindo para o equilíbrio do ciclo hidrológico, bem como na resistência do solo frente aos processos erosivos e movimentos de massa. Um solo com boa capacidade de absorver, armazenar e drenar água, evita problemas sociais e econômicos, uma vez que inibe o processo de escoamento superficial acelerado, que aumenta a descarga de matéria e energia no sistema seguinte no qual se conecta, como os rios e lagos. Como consequência desse desequilíbrio, pontua-se o aumento da vazão de fundos de vales e o processo de assoreamento dos mesmos, culminando em enchentes e inundações nos espaços sociais (KIEHL, 1979; VEZZANI e MIELNICZUK, 2011; BOWEN, 2015; GUERRA, *et al.*, 2017).

Analisar a estrutura do solo no piso de trilha, por exemplo, é relevante nas pesquisas de geoconservação, pois esse atributo se caracteriza pela agregação e pelo arranjo das partículas do solo. Logo, a organização estrutural do solo influencia na infiltração e movimentação da água, sendo essa estrutura diretamente modificada pelo uso e manejo, principalmente em superfície, o que pode causar menor permeabilidade e maior suscetibilidade desse solo aos processos erosivos. Um solo mal estruturado causa diversos problemas para seu uso, como baixa capacidade de infiltração, má drenagem, bem como diminuição da quantidade de água no solo. Com sua estrutura danificada, portanto, pode ser definido como massivo, pesado para ser trabalhado, com problemas de penetração de água e de raízes (REICHARDT, 1987; TROEH e THOMPSON, 2007; WINCK, 2014).

Propriedades como o aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade, vão interferir significativamente na erosão. Estas propriedades se relacionam de forma inversamente proporcional, ou seja, o aumento da densidade do solo diminui o volume total de ar no solo, reduzindo o espaço poroso, este que tem papel fundamental na entrada de água no solo. Desse modo, conforme a densidade aparente aumenta, significando maior compactação, a porosidade diminui e reflete em menor quantidade de ar no solo, bem como menor taxa de infiltração e maior suscetibilidade ao escoamento superficial (KIEHL, 1979; SALGADO, 1995; THOMAZ e VESTENA, 2012; PEREIRA *et al.*, 2016).

Salienta-se, também, que uma cobertura pedológica com presença de floresta é fundamental para o incremento de matéria orgânica no solo (M.O.). As folhagens, quando caem, depositam-se na superfície e formam uma importante camada protetora contra a energia cinética da chuva, além de absorver cerca de 350 % de umidade, aumentando a capacidade de absorção

de líquido do solo e diminuindo os problemas de saída desse elemento do sistema em elevado volume e magnitude, que poderia culminar em riscos socioambientais graves (CAMPOS *et al.*, 2008; LEPSCH, 2011; BRADY, 2013).

A matéria orgânica (M.O.) é fundamental para conferir a esse recurso natural resistência frente aos agentes modeladores do relevo, pois ajuda na formação de agregados complexos (macro e microagregados). Assim, a serapilheira confere material orgânico ao solo para ser incorporado em seu sistema, mas é por meio do auxílio da atividade da biota edáfica, que ocorrerá a decomposição dessa matéria, bem como a ciclagem dos nutrientes na superfície da cobertura pedológica (WINCK, 2014; LOSS, 2015).

Conhecer o processo de formação dos solos, portanto, assim como os elementos que os compõem é importante nas análises das propriedades físicas e químicas. Estas, que se constituem naturalmente a partir do material de origem (mineral e orgânico) e são influenciadas pelas atividades do clima, tempo, da cobertura vegetal, biota edáfica e relevo, podem indicar qualidades e fragilidades naturais nos sistemas para determinadas atividades humanas. A textura, por exemplo, implica no conhecimento do tamanho das partículas sólidas que compõem os solos (areia: 0,053 – 2,00 mm de diâmetro; silte: 0,002 - 0,053 mm; e argila: < 0,002 mm), que influenciam no processo de infiltração e drenagem, no processo hidroerosivo e entre outros processos ambientais associados a riscos naturais de um terreno (TOMINAGA *et al.*, 2007; LEPSCH, 2011; GUERRA *et al.*, 2017) .

As propriedades físicas do solo vão influenciar na erosão hídrica, à medida que afetam a velocidade da infiltração da água, a permeabilidade e a resistência ao escoamento do solo. As diferentes técnicas de uso e manejo controlam a erosão por meio da adoção de práticas conservacionistas, que visam aumentar a resistência do solo, ou diminuir as forças do processo. Portanto, entendendo que a textura é a distribuição quantitativa das classes de tamanho de partículas de que se compõe o solo (areia grossa, areia fina, silte e argila), compreende-se que as distintas texturas do solo terão maior, ou menor, influência na capacidade de erodibilidade (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010).

Logo, um solo arenoso, que tem como composição predominante a fração areia, reflete em sistema mais poroso e com grande capacidade de absorver e drenar água, mas possui naturalmente maior probabilidade erosiva, pois, devido a suas frações maiores, a capacidade de atração entre as partículas, que formam agregados mais resistentes, é menor do que comparado a um solo argiloso. Este, por sua vez, é composto predominantemente pela fração argila, que

tem como característica maior proximidade entre as partículas, já que é a menor fração que compõe o solo, sendo importante para a maior resistência dos agregados (ZINN *et al.*, 2011).

Entender a dinâmica que ocorre na matriz do solo é essencial para conhecer as características ambientais onde se desenvolve qualquer tipo de atividade humana, pois a organização do espaço geográfico irá depender das funções que determinado sistema ambiental tem a oferecer. A compreensão do solo, portanto, serve de base para se entender a capacidade de sua resistência e resiliência, ao passo que é utilizado, a fim de promulgar meios e técnicas que minimizem impactos nos mesmos, além de sensibilizar a sociedade para uma relação com os recursos naturais, que tange a sustentabilidade (PEREIRA e RODRIGUES, 2013). Desse modo, o conhecimento das características dos solos também é um indicativo da fragilidade e potencialidade do terreno, essencial para mitigar e estruturar ações de geoconservação.

Nessa perspectiva, o arcabouço conceitual e teórico-metodológico da Geografia Física, na atualidade, possui um leque de opções para se construir, junto com a sociedade, a conscientização nos usos e manejos dos recursos ambientais. A ciência Geográfica tem muito a contribuir com o modo de produção social do espaço, e com suas técnicas avançadas pode servir de base para uma educação ambiental de qualidade, aproximando-se, deste o ensino básico, de uma educação geográfica eficiente<sup>11</sup> (AFONSO, 2015).

Portanto, as técnicas e métodos de geoconservação perpassam pela compreensão geográfica do ambiente a ser preservado, servindo de base para mitigar a problemática relação entre a atividade humana e as variáveis naturais que atuam no espaço. Ações de sensibilização ambiental, por meio de abordagens espaciais do solo, no processo de ensino e aprendizagem, têm como consequência a formação de indivíduos conscientes e ativos na produção e organização do espaço geográfico, fundamental para a prevenção dos elementos naturais.

Logo, a dinâmica hidrológica e erosiva são processos que estão associados às propriedades físico-químicas do solo. Assim, compreender o processo de infiltração, drenagem, estocagem da água no solo e mensurar o volume de escoamento, representa um refinamento nos estudos de trilha visando a sua geoconservação, pois a dinâmica hidrológica é responsável pela ocorrência dos principais tipos de erosão acelerada em áreas degradadas.

---

<sup>11</sup> Este termo moderno, por sua vez, é utilizado para se referir a um sistema educativo que trabalha os conteúdos, temas e conceitos da sociedade contemporânea de modo a contribuir efetivamente no desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas do indivíduo (AFONSO, 2015).

## **Processos hidroerosivos: escoamento superficial e dinâmica da água em zona não saturada**

A erosão é a principal causa de degradação dos solos do mundo, pois abrange distintas espacialidades, desde áreas florestadas não alteradas (erosão geológica), até áreas que possuem um manejo do solo mais intenso (erosão acelerada). Valentin *et al.* (2005) acrescentam que essa problemática ganha escalas diferenciadas no espaço físico, dependendo do recorte da pesquisa. Os autores salientam que antes dos anos 2000, os estudos de erosão eram baseados no efeito *on site*, ou seja, pesquisas focadas nas questões da agricultura, na escala da parcela, estudos pautados, por exemplo, em erosão de ravinas e inter-ravinas. Contudo, após os anos 2000, Bélgica e China iniciaram pesquisas do efeito *off site*, o que salienta a importância de se estudar na escala da bacia hidrográfica, de se entender a identificação de fontes de poluição, ou estratégias de gestão para combater a erosão do solo, por exemplo.

Conceitualmente, erosão é um processo natural de desprendimento, arraste e deposição das partículas de solo, causado pela água e/ou pelo vento e que pode ser acelerado pela ação antrópica. Desse modo, é um fenômeno destrutivo que ocorre mundialmente, trazendo consequências como a perda de solos agricultáveis, o assoreamento de cursos de água e reservatórios, provocando catástrofes como a poluição destes. Portanto, ao se entender o processo erosivo (causas e consequências) é possível diagnosticar sua ocorrência e criar medidas mitigadoras adequadas de conservação para distintos ambientes (BRADY 1989; GUERRA, 2009; TEIXEIRA e ROMÃO, 2009; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010; GUERRA, 2017).

Desse modo, entender a erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas se torna importante, pois são estes fatores controladores que determinam as variações nas taxas de perda de solo e água, por exemplo, ou até mesmo nas perdas de nutrientes no solo, fundamentais para a conservação da fauna e flora (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011; THOMAZ & VESTENA, 2012).

Pondera-se que baixas declividades como 3°, ou 5°, já são suficientes para ocorrência de erosão na superfície do solo, contudo é importante salientar que as elevadas taxas de perda de solo que ocasionam problemas socioambientais, por exemplo, estão associados à falta de práticas conservacionistas, ou seja, utilizam o solo em excesso a nível de extrapolar a sua capacidade de resiliência (JORGE e GUERRA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2016).

Os processos hidroerosivos, desse modo, são a estreita relação da complexa dinâmica da água com as propriedades do solo. Observa-se, portanto, que a energia da água é um fator decisivo para se entender o processo de desagregação e arraste do solo. Pondera-se, também, que as características morfológicas do relevo vão influenciar diretamente nas taxas de erosão, ou seja, encostas convergentes<sup>12</sup> representam maior força e velocidade do escoamento e pode facilitar a erosão (GUERRA, 2012).

### **Dinâmica da água no solo em zona não saturada**

A energia potencial é aquela em que o corpo possui em virtude de sua posição em campos de força, e a energia cinética é aquela em que os corpos possuem em virtude de seu movimento. No solo e na planta a velocidade da água é relativamente pequena, por isso a energia cinética é desprezada. Nessa perspectiva, a energia potencial gravitacional pode ser positiva, ou negativa, dependendo da escolha do referencial, no caso da água no solo o campo gravitacional das forças pode afetar o estado de energia da água através da pressão. Esta pressão pode ser medida através da coluna de um fluido, que pode ser geralmente água ou mercúrio (REICHARDT, 1987).

A retenção e o movimento da água no solo em zona não saturada, além da sua captação e transporte pelas plantas, são fenômenos associados ao estado de energia da água no solo (BRADY, 1989). Assim, os campos de força que influenciam a água no solo são, segundo Kiehl (1979) e Klar (1984): i) a força da gravidade ( $\Psi_g$ ), que é o potencial gravitacional; ii) a da atração da matriz do solo pela água ( $\Psi_p$ ), chamado de potencial matricial; iii) a da presença de solutos ( $\Psi_o$ ), potencial osmótico. Logo, o potencial total da água ( $\Psi_t$ ) se expressa como:

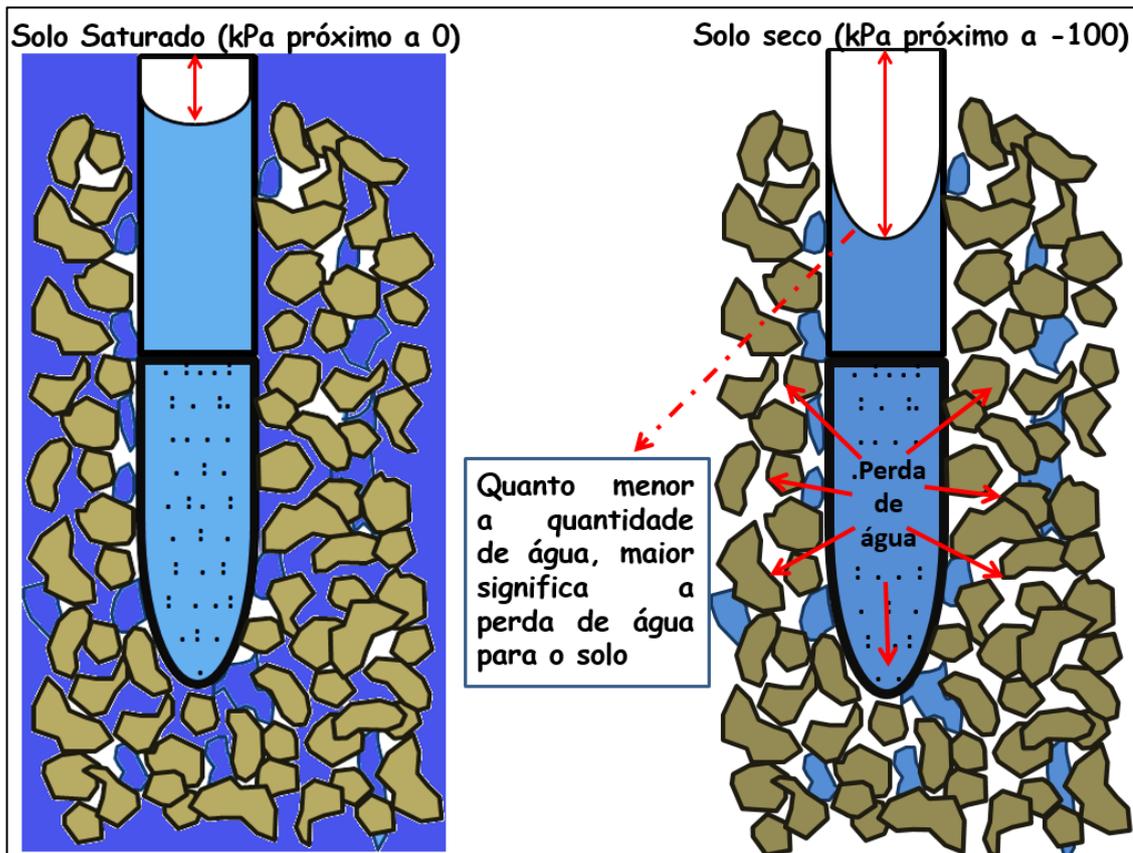
$$\Psi_t = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_o$$

A água se movimenta no solo do potencial negativo mais alto para o mais baixo (figura 7), esse processo varia dependendo da porosidade e permeabilidade do solo. O potencial matricial da água no solo atua na retenção e movimentação do líquido no solo e, mesmo após vários dias de estiagem, permanece retida no solo determinada quantidade de água sob a ação

---

<sup>12</sup> Existem três tipos principais de formas de encostas: convergente (Converge o fluxo de matéria para um mesmo ponto e como consequência intensifica sua energia), Convoca (Dispersa os fluxos de matéria na encosta de modo proporcional a sua área) e retilínea (Encosta que tem formato de uma rampa e não converge e nem dispersa por igual os fluxos de matéria). A combinação dessas formas possibilita a formação de relevos variados e com distintas dinâmicas de encosta (GUERRA, 2012).

desta força, resistindo às forças gravitacionais (COELHO NETTO, 2009; BRADY e WEIL, 2013).



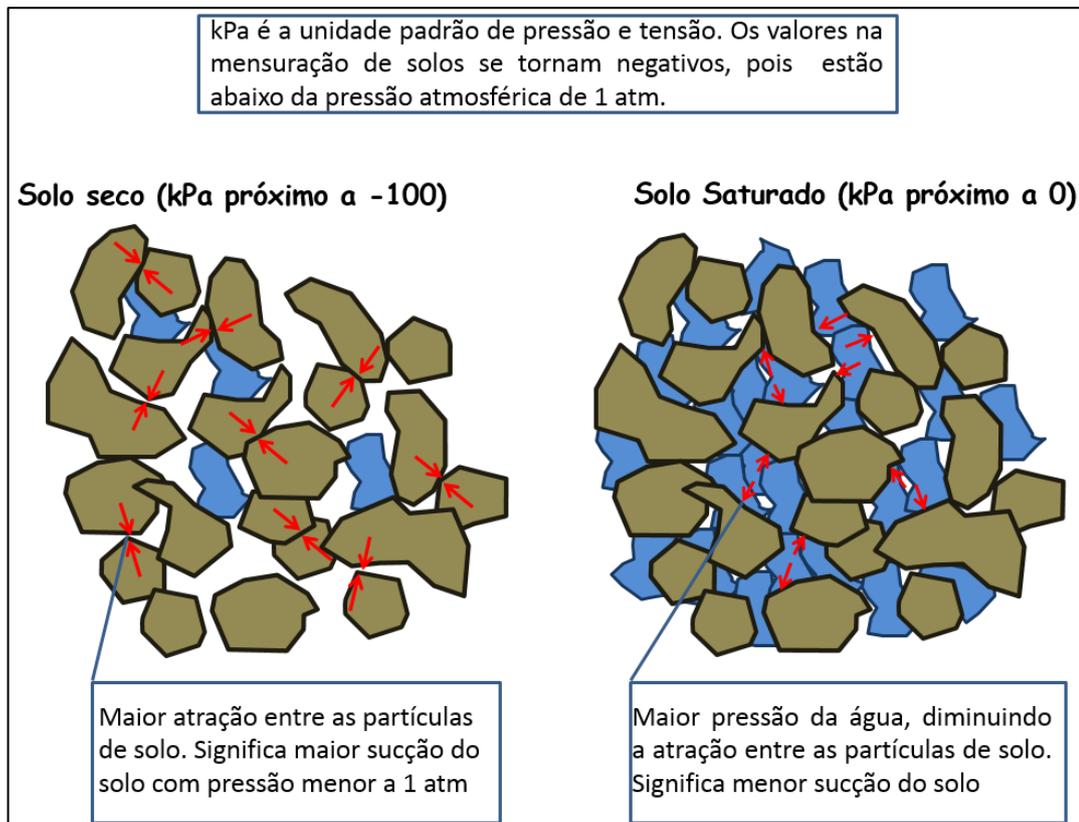
**Figura 7.** Sistema de medição de sucção em tensiômetros. Fonte: Pereira (2015).

Portanto, a variação da carga total em pontos diferentes da matriz do solo (do maior para o menor) movimenta a água em busca do equilíbrio., onde a carga matricial pode ser positiva, ou negativa, de acordo com a pressão aplicada na água de referência. A carga gravitacional, determinada pela posição da água no campo gravitacional terrestre, é medida a partir de um referencial de posição (KLAR, 1984; LIBARDI, 1995).

O potencial matricial e o gravitacional representam, desse modo, importantes energias potenciais no solo, que explicam o processo de retenção e movimentação da água. Após a saturação do solo a água se encontra em estado livre e o potencial gravitacional será uma das primeiras forças a atuar no deslocamento da água para camadas inferiores de um perfil de solo, uma vez que leva em consideração a força da gravidade da Terra. A movimentação e a retenção da água no solo, por meio do potencial matricial, atuam após a ação do potencial gravitacional,

ocorrendo o fenômeno da sucção, quando o nível de energia potencial da água é atraído pelas partículas sólidas da matriz do solo (BRADY e WEIL, 2013).

O potencial matricial se estabelece pela ação de duas forças, principalmente: uma representada pela força de coesão, que significa a atração das moléculas entre si (figura 8); a segunda refere-se à força de adesão, que consiste na atração entre as moléculas de água com a superfície das partículas sólidas (REICHARDT, 1987; BRADY e WEIL, 2013).



**Figura 8.** Esquema salientando as forças de atração atuantes entre sólido e água, na matriz do solo. Fonte: PEREIRA *et al.* (2016).

Consta-se, assim, que a estrutura do solo, associada a outras características (físicas, químicas e biológicas), favorece a maior/ menor resistência à ação das águas no solo (BEZZERA *et al.*, 2006), e o desenvolvimento de bioporos pela fauna escavadora e do enraizamento da vegetação proporciona aumento do processo de infiltração (COELHO NETTO, 2009).

## **Educação ambiental visando à geoconservação: desafios e potencialidades do ensino de solos**

O solo, elemento que compõe os sistemas ambientais e fundamental para manter as funcionalidades geossistêmicas, vem sendo degradado com usos e manejos inapropriados, extrapolando a sua capacidade de resiliência e se redistribuindo na paisagem. (GUERRA *et al.*, 2017; MARCATTO e SILVEIRA, 2017).

Muitos dos problemas hidroerosivos estão relacionados com a falta de sensibilidade e conscientização dos indivíduos em conservar os solos, influenciando na degradação de áreas que resultam em impactos ambientais associados como assoreamento de rios, poluição deslizamentos e outros. Nessa perspectiva, é importante compreender o solo como elemento essencial para a dinâmica ambiental, e essa visão perpassa na formação de sujeitos conscientes e críticos com a sua realidade espacial, que se preocupam com o processo de organização e construção do espaço geográfico de modo sustentável. A educação ambiental, logo, torna-se um instrumento teórico-conceitual fundamental para a construção de uma sociedade crítica e responsável com a conservação dos elementos físicos que compõem a paisagem (MUGGLER *et al.*, 2006; GUERRA, 2014; PEREIRA, 2016; JORGE, 2018).

O um dos temas que abarca a educação ambiental está relacionado diretamente com a sustentabilidade socioambiental. Os novos usos dos resíduos sólidos têm sido uma alternativa para se alcançar tal projeto de equilíbrio entre sociedade e natureza. A utilização do caroço do açaí e de manga são exemplos de como as agroindústrias têm se preocupado com o descarte e aproveitamento destes materiais para diversos fins, uma vez que o comportamento térmico desses podem ser utilizados industrialmente na área de compósitos poliméricos (GRUZ *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2009).

Como exemplo de sustentabilidade dos recursos naturais, pode-se citar a utilização de resíduos de pó de rochas, este é proveniente da extração por mineradoras e tem sido aplicada em conjunto com adubos orgânicos a fim de enriquecer as propriedades de solo que sofrem com por processos de lixiviação, erosão e aplicação de fertilizantes convencionais. Ou seja, o pó da rocha, resíduo que poderia representar uma perturbação dos sistemas ambientais dependendo de sua concentração em uma determinada área, aumenta a produtividade e a fertilidade do solo, bem como favorece o crescimento de vegetais e diminui a utilização de insumos convencionais (SOUZA *et al.*, 2011).

Outro exemplo de prática sustentável como citado acima, pode-se destacar a reutilização de descartes de solos, que representaria uma alternativa para professores do ensino básico de

aproximar temas e conceitos das Geociências, em específico da Geografia Física, dos alunos, visto a dificuldade em se promover trabalhos de campo com a infraestrutura limitada da maioria dos colégios públicos nacionais.

Nesta perspectiva, pouco se fala dos descartes de solos dos laboratórios e como os mesmos poderiam ser reaproveitados para diversos fins educacionais e de recuperação ambiental. Provavelmente essa falta de interesse está atrelado ao fato de não ser um recurso lucrativo como os resíduos de pó de rocha que favorecem agricultores. Contudo, autores ponderam como a aproximação do aluno com sua realidade por meio de aulas práticas podem ser de grande relevância para sistematização de conceitos e temas da Geografia Física (PEREIRA *et al.*, 2018), sendo um recurso de educação ambiental que visa o processo formativo crítico e sistemático.

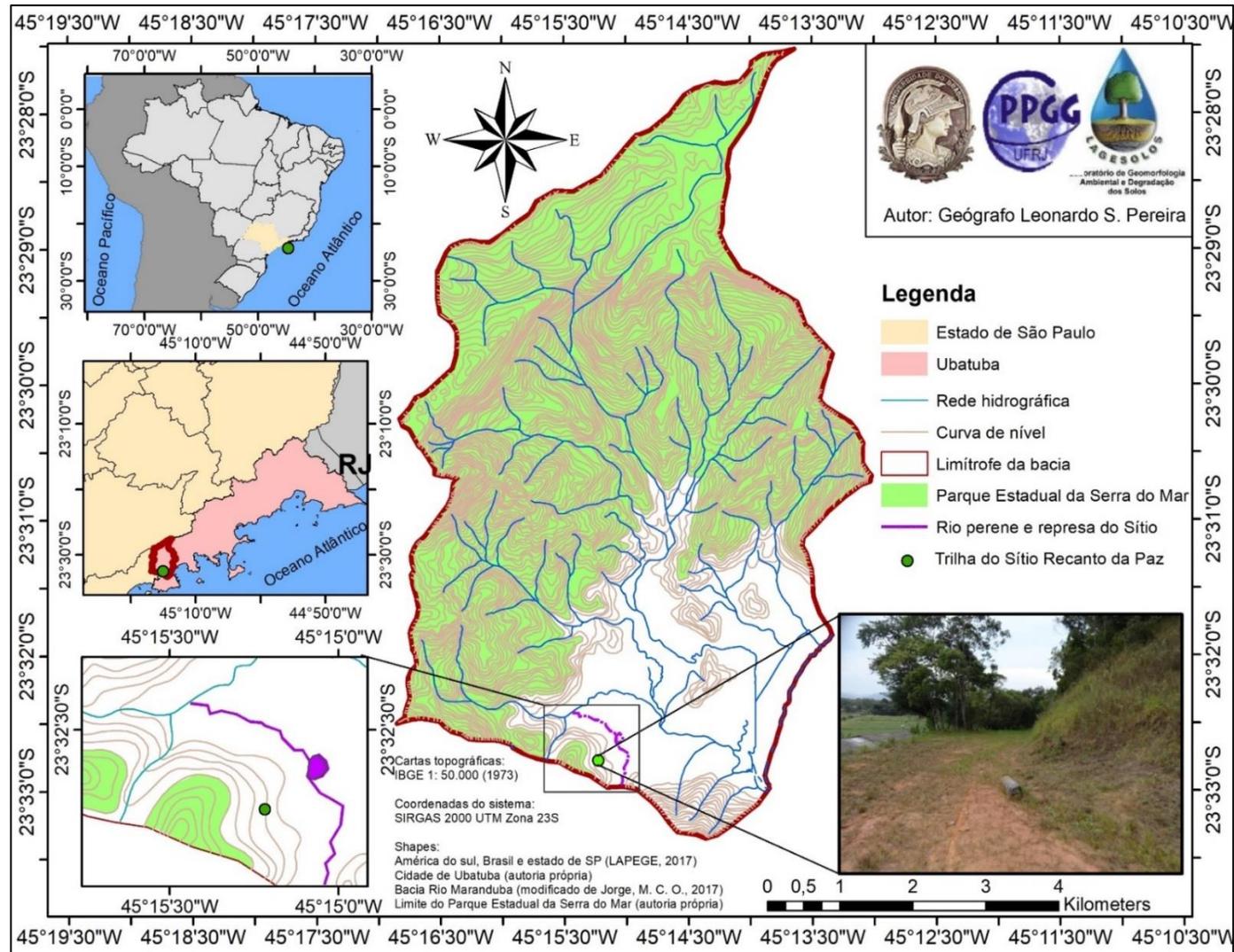
O ensino investigativo representa um método que ajuda na elucidação dos problemas que abarcam a realidade do aluno, servindo como meio de motivá-los para a compreensão dos conteúdos e como estes se relacionam com a sociedade. Tal método representa uma inovação de ensino capaz de sensibilizar e conscientizar os alunos por meio da aproximação da realidade científica (BELLUCCO e CARVALHO, 2014). Essa abordagem metodológica converge com a proposta por Freire (2016) em “Pedagogia da Autonomia”, onde as propostas das práticas pedagógicas devem se pautar no desenvolvimento da autonomia, capacidade crítica e na valorização cultural do conhecimento empírico tanto dos discentes, quanto dos docentes.

O conjunto sistêmico de atributos e elementos que compõem o solo, que podem ter alterações de ordem ambiental, variando a entrada e saída de energia e matéria no mesmo, influencia a dinâmica da paisagem. Vezzani e Mielniczuk (2011) salientam a complexidade desse recurso natural, reforçando as interações holísticas e reducionistas da fauna edáfica e como esta é importante para a qualidade ambiental. Por isso, qualquer perturbação nesses sistemas, desde uma escala menor até a uma maior, pode ser o suficiente para superar a resistência de uma determinada área, modificando o relativo equilíbrio do sistema. Logo, conhecer as propriedades do solo, principalmente alunos do ensino básico, ajuda na compreensão da realidade espacial e socioambiental, uma vez que o solo é um elemento mutável e dinâmico nos processos naturais.

Nesta perspectiva, é importante promover a divulgação da importância do estudo dos solos, visando a sua conservação, pois a difusão e popularização das pesquisas com enfoque pedológico ainda é incipiente, fato que tem contribuído para o processo de degradação dos mesmos.

## **CAPÍTULO 2: ÁREA DE ESTUDO – HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS E PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DE UBATUBA E DO SOLO DA TRILHA**

A bacia hidrográfica do rio Maranduba, local da pesquisa, está situada no município de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo (figura 9). As principais atividades econômicas e uso da terra desenvolvidas no município são o turismo e a construção civil, segundo Jorge *et al.* (2014), culminando nas maiores modificações do topo do solo e na sua degradação, como retirada da cobertura vegetal, bem como na alteração da morfologia original de montanhas e morros, deixando as vertentes retilíneas e solos expostos abandonados. Essas áreas degradadas estão ganhando maior abrangência na paisagem do município, devido ao inadequado uso e manejo do solo por parte da população local, com construções irregulares, e, também, com turismo predatório, como ressaltam as pesquisas de Souza e Suguio (2003), Tominaga (2007), Buzato (2012), Jorge (2014), Jorge *et al.* (2016), Jorge (2017), e representam a intensificação dos processos hidroerosivos.



**Figura 9.** Visão geral da bacia hidrográfica do rio Maranduba, salientando o piso da trilha que se instalou a estação experimental. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017).

O município de Ubatuba possui belezas naturais com potenciais para o desenvolvimento de atividade turística. Esta representa uma das principais atividades que aquece a economia, mas o município necessita de estrutura e planejamento para o desenvolvimento consciente e sustentável da mesma. Um dos grandes problemas está na manutenção da funcionalidade dos recursos naturais e do equilíbrio da dinâmica ambiental frente a essa atividade que acaba sendo predatória, pois não se preocupa com um turismo consciente (BUZATO, 2012; JORGE *et al.*, 2016; JORGE e GUERRA, 2016, JORGE, 2017). Nessa perspectiva, observa-se que os problemas ambientais perpassam pelo “simples” deslocamento dos turistas em trilhas para se chegar em cachoeiras e praias no município. Esses caminhos impactam o ambiente pelo uso inapropriado, pela falta de planejamento da trilha e pela falta de controle da capacidade que a trilha suporta. Desse modo que a pesquisa se pauta na análise da erosão em trilha por meio do processo de formação do escoamento, bem como na análise do deslocamento da água no solo e nas propriedades físico-químicas.

### **História de Ubatuba**

A região de Ubatuba apresenta paisagens em diferentes temporalidades, com áreas urbanas e rurais, além de preservar modos de vida diferenciados, como caiçaras e quilombolas (figura 10). Com a chegada da sociedade urbano-industrial, as interferências nas comunidades que habitavam o litoral foram notáveis, ao associar em seus modos de vida as necessidades materiais e de acumulação capitalista, diferentes das que historicamente existiam (SOUZA, 1998; SOUZA e SUGUIO, 2003; JORGE, 2014; JORGE, 2017).



**Figura 10.** Museu Caiçara localizado na Pousada das Cachoeiras em Ubatuba/SP, representado o modo de vida da população local do município antes da chegada urbano-industrial. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).

Segundo Buzato (2012), foi a partir da década de 50 que ocorreu um acelerado aumento populacional em Ubatuba, que foi impulsionado pelo crescimento da industrialização de grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. A autora ressalta que o crescimento dessas três cidades culminou na necessidade de maior oferta de casas de veraneio, e foi no Litoral Norte que essa população foi se instalar, atraindo a atenção imobiliária e de novo serviços, principalmente os relacionados às atividades turísticas. Nessa perspectiva, a transformação da característica da sociedade culminou em interferências no espaço, que se encontra em grande parte apropriada pela urbanização e tecnologias. Isso causou grande pressão nas áreas florestadas, com drásticas reduções de ambientes originais, antes preservados (figura 11). Essa problemática resultou na necessidade do governo estadual de definir os remanescentes de florestas e ecossistemas como Unidade de Conservação (UC), único recurso à sua manutenção em meio a áreas devastadas e degradadas pela expansão do mercado imobiliário (BRIGATTI & SANT'ANNA NETO, 2011; MELO, 2012).



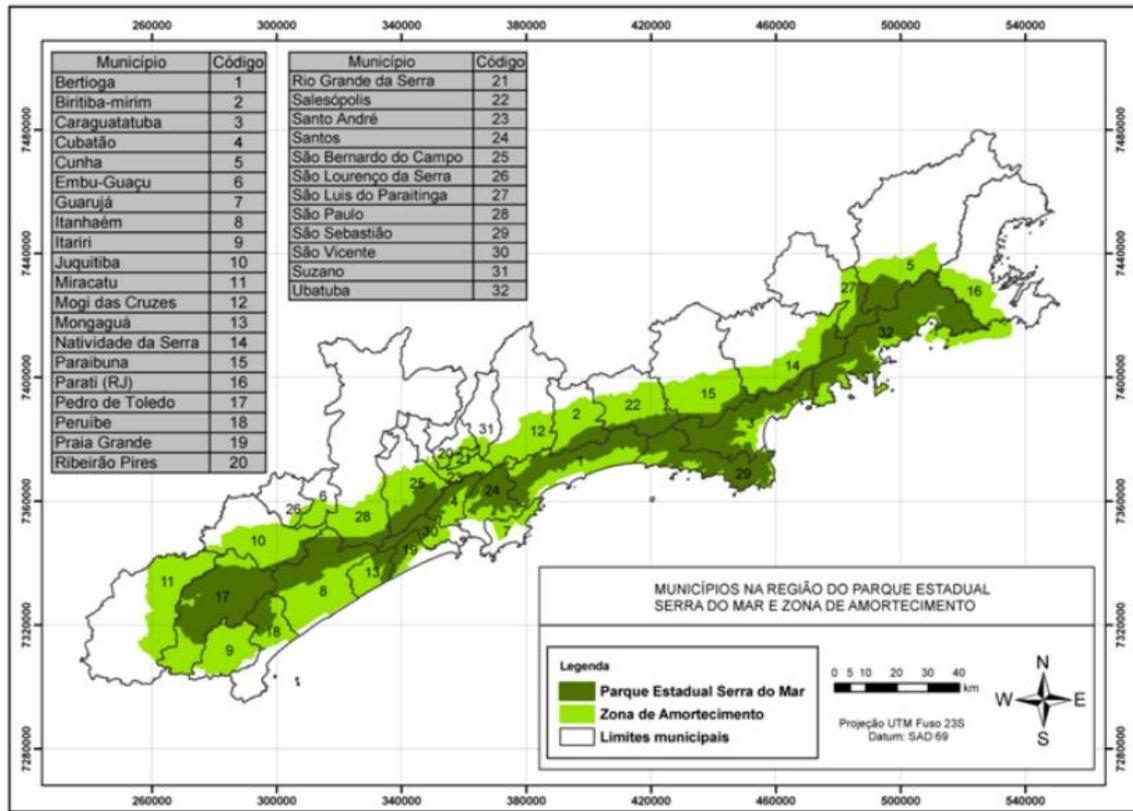
**Figura 11.** Ocupação da população, salientando a pressão sobre área de floresta, gerando problemas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).

Segundo Gomes (2017), ao caracterizar o avanço do uso e ocupação do solo pela urbanização em Ubatuba entre os anos de 1985 e 2015 com imagens de satélites, constatou que na década de 85 o uso do solo se limitava as áreas costeiras, ou seja, as atividades humanas já tinham se expandido por toda a extensão da planície litorânea, com início do processo de ocupação das encostas da serra.

Constata-se, assim, o acesso facilitado das cidades vizinhas para Ubatuba, onde o turismo na cidade tornou uma das principais fontes de renda da população local e dos órgãos governamentais. Nessa perspectiva, as rodovias foram importantes meios de construção para o rápido crescimento urbano territorial de Ubatuba, uma vez que a cidade passou a ser foco de crescimento de residências de veraneio. As rodovias dividem Ubatuba em três zonas: área central (predomínio de área urbanizada com loteamentos; praias do sul (com loteamentos mais antigos e maior densidade populacional); e as praias ao norte (loteamentos mais recentes, praias com menor ocupação e presença de reservas naturais e famílias caiçaras) (CASTRO e BRUNA, 2002; JORGE, 2016; GOMES, 2017).

### **Parque Estadual da Serra do Mar (PESM): recanto de geodiversidade e necessidade de Geoconservação**

O município de Ubatuba possui 72.382,90 ha, sendo que 51.229,41 ha se encontra inserido dentro do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) e 18.512,66 ha inserido na zona de amortecimento (ZA) dos limites do parque (figura 12). Nota-se, portanto, que 70,8% do território de Ubatuba está inserido no PESM e 25,6% em sua ZA. Considerando o somatório de ambas demarcações, Ubatuba possui 69.742,07 ha de sua área dentro da presente unidade de conservação (UC), ou seja, 96,4% de sua área. Somente 2.640,83 ha (3,6%) de sua área se encontra fora dos limites de conservação dos recursos ambientais (STARZYNSKI, 2014).



**Figura 12.** Municípios que apresentam seus territórios dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, bem como da zona de amortecimento. Fonte: Starzynski (2014).

Observa-se que as características das paisagens de Ubatuba são constituídas pela forte presença da Serra do Mar, que se encontra dentro dos limites do município, conferindo diferenciada diversidade geoambiental por toda área. Pesquisas recentes na área de Jorge (2017) e Jorge *et al.* (2018) salientam os elementos ambientais que compõem a geodiversidade local, principalmente na posição norte de Ubatuba, que possui maior preservação da vegetação e dos elementos abióticos por não se tratar de uma área central com forte urbanização.

O Pico do Corcovado expressa como a rocha representa um elemento da geodiversidade diferenciada na área (figura 13), uma vez que é um ponto de atração turística devido ao seu formato e de apresentar um dos pontos mais elevado de Ubatuba (1.168 m de altitude).



**Figura 13.** Pico do Corcovado ao fundo. Foto: Leonardo S. Pereira (2017).

Contudo, atividades turísticas intensas e sem um manejo e uso adequados estão colocando em risco o equilíbrio da geodiversidade local, uma vez que a pressão dessas atividades, que não possuem práticas de conservação, estão alterando a geodinâmica dos ecossistemas, culminando em problemas ambientais, como erosão acelerada de solos, bem como em problemas de deslocamento nas trilhas, por apresentarem um percurso com dificuldade de mobilidade dos turistas pelo piso escorregadio e com depressões iniciadas por incisões erosivas.

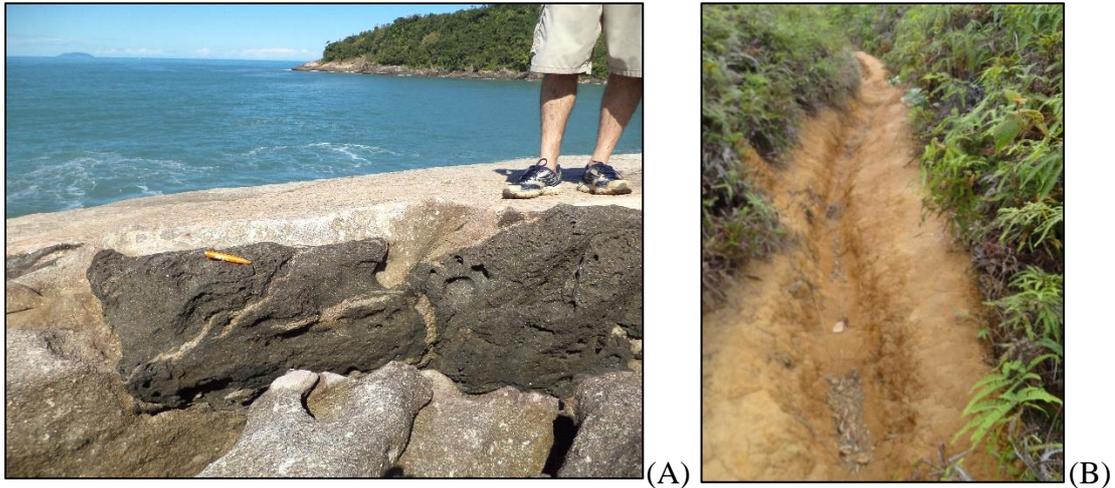
A figura 28 A apresenta parte da geodinâmica dessa área, com a interação de elementos bióticos e abióticos naturais como a vegetação, as rochas e a água, formando uma represa natural da cachoeira, relação esta que garante um lugar ideal de parada para os turistas relaxarem e apreciar a paisagem e contemplar toda essa dinâmica antes de seguir para o destino final: o Pico do Corcovado.

Entretanto, é um local que as trilhas não foram planejadas e nem se teve um cuidado em preservar o caminho que servia de fuga dos escravos, estes que iriam em direção ao Pico para fortalecer suas crenças religiosas visto toda a repressão e agressão que sofriam na época (figura 14 B). Esses elementos naturais fazem parte da história e cultura local e essa trilha precisa de práticas de geoconservação para preservar a memória de uma história que pode se perder ao longo do tempo, por meio do desequilíbrio das relações ambientais e sociais.



**Figura 14.** Represa formada por rochas na Cachoeira da Bacia (A); trilha de acesso à cachoeira com queda de árvore devido à fragilidade do talude, dificultando o acesso do caminho à Cachoeira da Bacia. Fotos: Leonardo S. Pereira (2017).

A geodiversidade de Ubatuba, muito rica devido à Serra do Mar, apresenta elementos que servem de respaldo para a educação de solos e rochas, ou no entendimento da formação geológica do local, por exemplo, como observa-se na figura 15 A. Está área do litoral norte de Ubatuba tem ocorrência de rochas ígneas intrusivas (JORGE, 2017), que foram expostas após ação dos agentes exógenos, principalmente pela dinâmica da onda do mar que ali atua. Contudo, o caminho de acesso a essa área possui um piso estreito de solo exposto, apresentando problemas hidroerosivos visto o caminho preferencial da água que possibilitou a incisão no solo, por meio da convergência de fluxos (figura 15 B).



**Figura 15.** Rocha intrusiva no litoral norte de Ubatuba (A) e trilha degradada que concede acesso ao presente elemento da geodiversidade (B). Fotos: Leonardo S. Pereira (2014).

Portanto, constata-se a importância da Serra do Mar na geodinâmica de Ubatuba, com formação de paisagens diferenciadas e com potencial turístico mal aproveitado. Nota-se a falta de práticas de manejo sustentável de trilhas, culminando em desequilíbrios nos fluxos de energia e matéria e em problemas associados como: aceleração da perda de solo, por meio da erosão, e dificuldade de mobilidade nos caminhos que se encontram degradados, culminando na diminuição da visitação dos pontos turísticos e no risco a quedas dos visitantes devido ao piso não regular e escorregadio.

### **Características Geoambientais: Clima, Geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação**

O clima de Ubatuba é caracterizado como tropical litorâneo úmido, ou tropical atlântico, com temperatura média anual de 21° C. A temperatura média máxima chega a 27° C e a média mínima, a 15° C (FERNANDES, 2009). O período de verão (dezembro a março) representa período da estação do ano que ocorrem eventos pluviiais extremos, de maiores intensidades, e, conseqüentemente, os maiores episódios de adversidades e desastres naturais, destacando-se aqueles relacionados aos grandes movimentos de massa, enchentes e inundações (ROSEGHINI, 2007; BRIGATTI e SANT'ANNA NETO, 2011; PEREIRA *et al.*, 2015).

Considerando os totais mensais de chuva, a partir da leitura dos dados do banco de dados climáticos do Brasil (2015), janeiro e dezembro apresentaram maiores amplitudes nas médias mensais de 30 anos (376 e 348 mm, respectivamente). Estes meses representam 28,7 % do total de chuva anual, caracterizando períodos mais úmidos. Nessa perspectiva, entender o processo

de drenagem e estocagem da água no solo nesse período se fez necessário na pesquisa, por se tratar da estação do ano de maior umidade. Março, na média de 10 anos (2009 a 2018) saiu do padrão dos 30 anos de registro, despontando como o segundo mês com maior altura de chuva (281 mm, representando 14,3% das chuvas anuais (tabela 1).

Em contrapartida, os meses mais secos são junho e agosto na média de 30 anos (87 e 11 mm, respectivamente), que representam 3,9% do total mensal das chuvas anuais. Na média do acumulado de chuva anual dos últimos dez anos, foi registrado índice de chuva de 2069,6 mm, abaixo da média de 30 anos (1961-1991), segundo o banco de dados climáticos do Brasil (2015), de 2.519 mm (tabela 1). Esses períodos mais secos estão relacionados com a pouca precipitação que o estado de São Paulo está enfrentando nos últimos anos, principalmente em 2014, diminuindo a quantidade de água armazenada nos reservatórios que abastecem a cidade.

**Tabela 1.** Valores da precipitação média (milímetros e percentual) para os meses de janeiro a dezembro entre 2009 e 2018 e médias mensais anuais de 10 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do banco de dados climáticos do Brasil (2015). Fonte: Organizado por Leonardo S. Pereira (2019)<sup>13</sup>.

Meses	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		Média de 10 anos		Média de 30 anos (1961-1991)	
	mm	%	mm	%	mm	%																		
janeiro*	223,1	9,5	456,9	18,9	231,6	10,0	220,2	12,8	495,1	24,9	122,5	7,6	191,8	13,3	425,7	22,8	400,0	17,6	423,0	15,6	319,0	16,2	376,0	14,9
fevereiro*	191,0	8,2	198,3	8,2	149,9	6,5	228,3	13,2	92,1	4,6	132,0	8,2	153,6	10,7	72,0	3,9	80,0	3,5	376,0	13,9	167,3	8,5	302,0	12,0
março	91,6	3,9	227,2	9,4	604,9	26,2	112,4	6,5	267,6	13,4	252,8	15,6	230,9	16,0	215,4	11,5	532,0	23,4	275,0	10,1	281,0	14,3	300,0	11,9
abril	276,7	11,8	206,0	8,5	394,0	17,0	79,2	4,6	46,7	2,3	226,0	14,0	94,8	6,6	8,0	0,4	280,0	12,3	28,0	1,0	163,9	8,3	241,0	9,6
maio	166,5	7,1	107,0	4,4	11,0	0,5	193,0	11,2	169,3	8,5	82,0	5,1	36,4	2,5	144,0	7,7	91,0	4,0	70,0	2,6	107,0	5,4	124,0	4,9
junho**	99,7	4,3	171,5	7,1	56,9	2,5	151,1	8,8	89,3	4,5	94,1	5,8	153,4	10,6	151,1	8,1	120,0	5,3	238,0	8,8	132,5	6,7	87,0	3,5
julho**	209,7	9,0	219,0	9,0	45,5	2,0	179,7	10,4	135,7	6,8	179,8	11,1	19,0	1,3	0,7	0,0	35,0	1,5	59,0	2,2	108,3	5,5	11,0	0,4
agosto**	82,0	3,5	64,6	2,7	116,5	5,0	15,5	0,9	27,5	1,4	83,9	5,2	25,0	1,7	94,0	5,0	89,0	3,9	175,0	6,5	77,3	3,9	93,0	3,7
setembro	162,3	6,9	166,5	6,9	121,4	5,2	41,7	2,4	93,5	4,7	111,5	6,9	107,5	7,5	76,0	4,1	44,0	1,9	97,0	3,6	102,1	5,2	166,0	6,6
outubro	287,7	12,3	95,7	4,0	160,0	6,9	138,3	8,0	199,0	10,0	68,2	4,2	117,3	8,1	330,8	17,7	114,0	5,0	393,0	14,5	190,4	9,7	215,0	8,5
novembro	130,0	5,6	175,5	7,2	90,9	3,9	204,0	11,8	183,5	9,2	116,7	7,2	120,3	8,4	241,0	12,9	186,0	8,2	357,0	13,2	180,5	9,2	256,0	10,2
dezembro*	416,2	17,8	332,1	13,7	230,4	10,0	160,0	9,3	191,7	9,6	149,3	9,2	190,5	13,2	109,5	5,9	300,0	13,2	222,0	8,2	230,2	11,7	348,0	13,8
<b>Total</b>	<b>2336,5</b>	<b>100,0</b>	<b>2420,8</b>	<b>100,0</b>	<b>2312,6</b>	<b>100,0</b>	<b>1723,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1991,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1618,8</b>	<b>100,0</b>	<b>1440,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1868,2</b>	<b>100,0</b>	<b>2271,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2713,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2069,6</b>	<b>103,6</b>	<b>2.519</b>	<b>100,0</b>

Considerando a média de 30 anos:  
 \*trimestre mais chuvoso  
 \*\* trimestre mais seco

<sup>13</sup> Estes dados se encontram disponíveis no site do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS), que tem a finalidade de divulgação das pesquisas desenvolvidas no laboratório para a comunidade científica, bem como para a população no geral, sendo uma ferramenta de difusão e popularização do conhecimento científico. Endereço do site: em [www.lagesolos.ufjf.br](http://www.lagesolos.ufjf.br) (ANEXO 3).

Contudo, Ubatuba é um município que possui boa distribuição de chuva ao longo do ano, com meses mais chuvosos no verão. Segundo Nunes (2010), esta cidade está entre as 10 mais chuvosas do Brasil, o que confere ao município grande volume de água. Esta área também conta com constantes chuvas orográficas, isso devido ao seu território ser comprimido com a serra do Mar, ou seja, apresenta um acúmulo de massas de ar de elevada umidade nas escarpas da serra (ROSEGHINI, 2007; SANTOS e GALVANI, 2014) (figura 16).

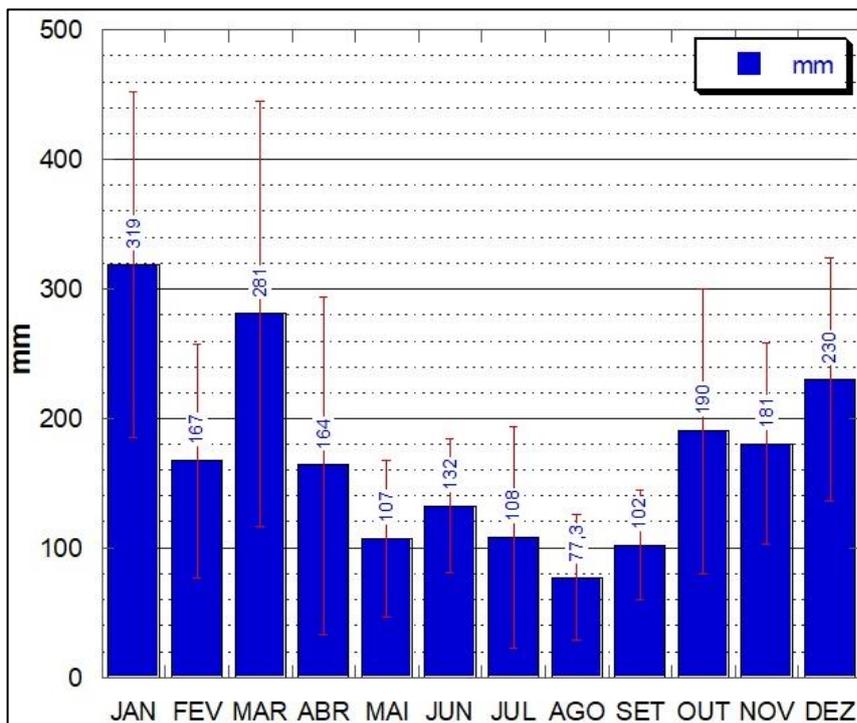


**Figura 16.** Relevo da bacia do rio Maranduba servindo como barreira das massas de frente fria. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

Seguindo a classificação da intensidade de chuva, proposta por Reichart (1987), constata-se que 80,3% das chuvas são leves, seguidas de 15% moderadas e 4,7% fortes (PEREIRA *et al.*, 2015). Aliado a este fato cresce o número de ocupações pela população local em áreas de risco, bem como a modificação dos ambientes naturais costeiros e continentais, que geram problemas de erosão.

Cavalcanti (2012) e Santos e Galvani (2014) ressaltam que a latitude, o relevo e a elevada taxa de umidade, que segue do oceano para o continente, são os fatores que mais contribuem para a configuração do clima do litoral norte de São Paulo. Como constatado nos dados dessa pesquisa, estes autores também salientam que a variação pluviométrica anual não apresenta períodos associados às estações de seca, mas há, com frequência, ocorrência de eventos extremos. Os dados dos últimos dez anos de monitoramento de chuva salientam a característica da formação do clima de Ubatuba, e os elevados desvio padrão das médias

mensais reforçam a dispersão da ocorrência e volume de chuva ao longo do ano, apesar de apresentar meses mais chuvosos e outros menos (figura 17).



**Figura 17.** Média mensal de 10 anos de chuva (2009 até 2018).

Em relação as características da formação geológica do município, segundo dados de Hasui *et al.* (1981) e Perrotta *et al.* (2005), Ubatuba se localiza em domínio de rochas do embasamento cristalino, agrupados no complexo costeiro. Especificamente no trecho Maranduba-Paranapiacaba há ocorrência de um conjunto de gnaisses e metassedimentos, com elevados níveis de metaforfismo. Observa-se que a região apresenta gnaisses charnochíticos do Neoproterozóico; estas rochas, segundo Hasui *et al.* (1994) in Tominaga (2007) e Melo (2012), foram utilizados como rochas ornamentais.

No terreno da Serra do Mar, encontram-se rochas ortoderivadas e depósitos supracrustais, ambos do Neoproterozóico. No setor mais próximo à faixa da linha litorânea, observa-se estreita faixa de coberturas superficiais do Cenozóico. Segundo Buzato (2012), no litoral norte do estado de São Paulo as rochas do Complexo Costeiro, que estruturam a formação da Serra do Mar, alinham-se comprimidas até a zona costeira e no sopé de suas vertentes, tendo ocorrência de promontórios alongados, com orientação em sua estrutura que adentram no mar (figura 18).



**Figura 18.** Rochas e blocos com orientação estrutural que avançam até o mar em Ubatuba.  
Foto: Leonardo S. Pereira (2014).

Desse modo, o relevo segue um padrão partindo da transição planície-planalto, onde se encontra a Serra do Mar (com predominância de setores com granitos e gnaisses, apresentando transições abruptas para mais suaves), após encontram-se as planícies (setor que apresenta sedimentos marinhos recobertos, ou intercalados por sedimentos continentais) e, por fim, nos setores mais próximos à linha de costa encontram-se as planícies marinhas (com depósitos do quaternário) (BUZATO, 2012).

Levando em consideração o recorte espacial de Ubatuba, este possui forma alongada, com cerca de 60 km de extensão. No sentido transversal a largura do município varia entre 5 e 17 km, aproximadamente. Junto ao oceano o perímetro é bastante recortado, definindo extensa linha de contato com o mar, com baías, sacos, enseadas, pontões e costões, cuja extensão, considerando saliências e reentrâncias, é de cerca de 140 km, abrigando praias diversificadas (MELO, 2012).

Na faixa do terreno da Serra do Mar, litoral norte de São Paulo, o relevo alcança altitudes de até 2.000 metros, aproximadamente. Mais a jusante da Serra do Mar se encontra estreita faixa de planície comprimida com o litoral (figura 19). Mais especificamente, na escala da bacia da pesquisa, o rio Maranduba se encontra em altitudes de até 1.100 metros. Em morros mais isolados, como da Serra da Caçandoca, que pode chegar a 512 metros (BUZATO, 2012).



**Figura 19.** Estreita faixa de planície na bacia do rio Maranduba, bairro que se encontra entre o atlântico e as escarpas da Serra do Mar. Foto Leonardo S. Pereira (2017).

Segundo Buzato (2012), os principais agentes modeladores da bacia de drenagem da presente pesquisa são os rios da Maranduba, do Araribá e os seus tributários. A autora salienta que as nascentes desses rios se localizam formando cabeceiras na escarpa cristalina da Serra do Mar, com vales encaixados. Ocorrem nas rupturas das vertentes e declives mais suaves cabeceiras e cachoeiras, como a cachoeira da Água Branca. Estas diminuem de força e velocidade, à medida que alcançarem a planície.

A praia da Maranduba é formada com sedimentos marinhos, contudo, nas proximidades das escarpas se observa procedência de material marinho e continentail. Estes, por sua vez, alcançam a planície por meio do transporte superficial hídrico e gravitacional (TOMINAGA, 2007; BUZATO, 2012).

Nas encostas da bacia do rio Maranduba há ocorrência de depósitos de tálus, extensas áreas. Segundo Ponçano *et al.* (1981) *in* Tominaga (2007), os depósitos de tálus presentes na região são constituídos por grandes quantidades de blocos rochosos de matriz fina, com espessuras podendo chegar a dezenas de metros.

A capacidade de carga do rio Maranduba, segundo Buzato (2012), é constatada quando se observam os blocos arredondados depositados nas partes mais suaves do rio, esses que tiveram sua origem na faixa mais a montante das vertentes da Serra (figura 20).



**Figura 20.** Blocos de rochas acumulados no rio na faixa da Pousada das Cachoeiras. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).

Nos solos da Serra do Mar predominam os Cambissolos, principalmente. Os Neossolos Litólicos têm predominância nas faixas das vertentes de alta declividade, bem como em topos de morros elevados. Os Argissolos são menos comuns na região, mas tem ocorrência predominantemente em morrotes convexos e nas baixas vertentes côncavas (ROSSI *et al.*, 2002; TOMINAGA, 2007).

A partir da caracterização textural dos solos residuais, saprolíticos e coluviais da pesquisa de tese de Tominaga (2007), na região de Ubatuba se encontram solos argilosos, argilo-arenoso a siltoso, areia, silte argiloso com grânulos, principalmente.

### **CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS**

Para analisar a influência do escoamento superficial, da variação do potencial de pressão negativo e de saturação e das propriedades físico-químicas dos solos nos processos erosivos, a pesquisa contou com a instalação de uma estação experimental, com monitoramento diário de dados da pressão da água no solo, do escoamento superficial e da perda de solo (figura 21). Também contou com o monitoramento das chuvas para analisar as suas taxas diárias e mensais.



**Figura 21.** Estação experimental de erosão de solos, placa de divulgação. Organizado por Leonardo S. Pereira (2014).

Portanto, a tese estabelece uma forte relação com a atividade de campo, isso devido à natureza da pesquisa que requer um minucioso conhecimento do local a ser estudado, analisando distintos parâmetros e elementos para se alcançar os objetivos da pesquisa e entender os questionamentos levantados.

O trabalho de campo na tese se mostra necessário, pois o método de análise desses processos geomorfológicos se pauta na pesquisa *in situ* dos processos pedológicos, hidrológicos e climáticos, principalmente. A observação em campo do uso e manejo da área estudada também requer um cuidado ímpar na análise ambiental, uma vez que se trata de ações humanas que culminaram na transformação e no desgaste da natureza, interferindo diretamente no sistema solo.

Nessa perspectiva, embasado em uma análise geossistêmica e integrada dos estudos geomorfológicos e geográficos (CHRISTOFOLETTI, 1999), a importância e frequência do trabalho de campo na tese se dá para a coleta de amostras de solo, em distintos períodos, para se analisar a sua variabilidade física e química temporalmente, afim de entender o nível de resistência e degradação do solo, desde o seu início de depauperamento. Um segundo momento do trabalho de campo dar-se-á na descrição morfológica do relevo alterado na qual se situa a

trilha, adquirindo dados analíticos. O terceiro momento metodológico, no qual o trabalho de campo se insere na pesquisa, está embasado na mensuração de elementos físicos do ambiente, por meio da construção de parcelas de erosão para quantificar as taxas de escoamento e de solo transportados, bem como a aquisição de dados climáticos e de umidade do solo, que estabelecem relação direta de saturação do solo com o processo de formação do escoamento (quadro 2).

**Quadro 2.** Atividades de campo realizadas desde a instalação das parcelas de erosão 2013-2017.

Período	Atividade	Observações
2013	27/mai 26 e 27/jul 15/ago 27/set 01/nov	Reconhecimento da área de estudo e escolha do local para instalação da estação experimental Instalação da parcela de erosão/ Coleta de amostras Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento Coleta de amostras de solo Campo na trilha sítio Recanto da Paz para reconhecimento geomorfológico da bacia hidrográfica
2014	29 e 30/mai 01 e 02/ago 15 e 16/out	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento
2015	02 e 03/jan 26 e 28/fev	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento
2015	28/ago 30/out 29/dez	Retirada de amostras de solo Retirada dos sensores de umidade do solo manuais e instalação dos sensores automáticos ( <i>Data Logger</i> ) Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento
		Erosão por <i>splash</i> na placa das parcelas e residual de areia superficialmente Encrostamento no solo Ninho de formigas dentro do <i>Data Logger</i> de umidade do solo

2016	01/mar	Reinstalação dos sensores de umidade do solo ( <i>Data Logger</i> ) após conserto	
	10/mai	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento	Visita do colégio do bairro na estação experimental
	27 e 28/jul	Campo para análise do perfil de solo dos taludes (acima e abaixo da trilha) e do piso da trilha	Análise macromorfológica do solo e classificação do perfil de solo (Prof. Dr. Rosângela G. Botelho) / indícios de processo de exfiltração no talude abaixo da trilha
	27 e 28/out	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento	
2017	14 e 16/fev	Trabalho de campo na trilha do sítio Recanto da Paz	Residual de areia no piso da trilha em toda sua extensão, praticamente
	02 e 03/mar	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento	Visita do colégio do bairro na estação experimental
	08 e 09/set	Manutenção dos equipamentos e aquisição dos dados de chuva, umidade do solo e escoamento	
	31/dez	Fim do monitoramento	Falta de verba para custear a manutenção dos equipamentos, pagamento do técnico que afere a estação diariamente e falta de verba para diárias e passagens de ônibus

### **Importância do trabalho de campo e processos hidroerosivos como análise espacial**

A utilização de instrumentação de campo, como parcelas de erosão e pluviômetros, estabelece uma leitura do local com maior precisão da realidade, ajudando na aquisição de dados que representam a complexidade dos sistemas ambientais, sendo de grande relevância para a adequada tomada de decisão e elaboração de medidas mitigadoras (GUERRA, 2005; ROSS e FIERZ, 2009; GUERRA, 2016).

De acordo com Christofletti (1999) e Stroosnijder (2005), a abordagem sistêmica serve de respaldo para a investigação da dinâmica do meio ambiente, havendo importância da relação dos fenômenos de diferentes áreas do conhecimento humano, que se materializam no espaço, abrangendo a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos e sociais. Essas relações são intrinsecamente abordadas no projeto de tese e a sistematização dos dados analíticos e da investigação da produção social do espaço, como o uso da terra, cristalizam-se na observação e interpretação do ambiente, por meio do trabalho de campo.

O termo espaço está associado à natureza e ao espaço físico, tanto quanto relacionado à sua mensuração e distribuição das coisas dentro dele. A análise espacial, desse modo, é um método que interliga conhecimentos de diversas áreas da ciência, logo, os geógrafos constroem suas pesquisas ao passo que estudam os fenômenos que ocorrem em espaços, áreas e localidades, analisando as semelhanças e diferenças entre estes ambientes. Portanto, o solo representa um objeto de análise espacial, uma vez que é um recurso natural ativo intrínseco ao espaço físico, que interage com diversos elementos. A interação entre elementos e fenômenos no espaço é a resultante de um conjunto de mecanismos e atividades delimitadas por uma escala geográfica, que é caracterizado por processos, como os hidroerosivos. Estes representam a forma de análise de sistemas como o solo, ou como uma rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. O papel da geografia, desse modo, é utilizar a análise espacial e compreender a interação dos processos com o meio (CHRISTOPHERSON, 2012).

A paisagem também pode ser o resultado da relação entre os processos do passado e da atualidade. Vitte (2007), portanto, ao estudar o surgimento do conceito da paisagem, principalmente na Geografia, observou que os processos da dinâmica da paisagem do passado representam a herança de uma paisagem recente, sendo uma representação do espaço, ou seja, a sociedade imprime e deixa registrada a sua marca no espaço. O mesmo pode ser observado na alteração da morfologia natural da encosta na qual se insere a trilha da pesquisa de tese, com característica de uso da população local e de turistas que excede a capacidade de resistência e resiliência do solo, culminando em área degradada por meio da exposição do solo e na

diminuição de sua qualidade. Esses parâmetros investigados necessitam de uma complexa análise de sua estrutura, por exemplo, a fim de se relacionar com a atuação social no espaço.

O trabalho de campo tem que ser praticado de modo mais amplo, holístico. A instrumentação tecnológica na pesquisa serve de respaldo para o reconhecimento do objeto, fazendo parte do método de investigação, possibilitando que o pesquisador seja ativo no processo investigativo. Nessa visão, a utilização de instrumentos no campo e na pesquisa de forma ampla enriquecem metodologicamente a pesquisa, pois ajuda o pesquisador na aquisição de dados. Esse cuidado com a utilização das tecnologias e instrumentação de campo deve ser tomado para que o profissional não seja dominado pela técnica e faça uma interpretação rasa e analítica do que for estudado, mas que o seu poder de escolhas seja priorizado, usufruindo desses serviços tecnológicos ao seu método investigativo (SUERTEGARAY, 2002).

Nessa perspectiva que a elaboração da pesquisa por meio do estudo funcional dos sistemas geomorfológicos ocorre, em muitos casos, por meio da instalação de estações de monitoramento dos processos. Desse modo, a tentativa de decifrar e monitorar as relações funcionais dos distintos componentes, que conjugam nos sistemas geomorfológicos, que a pesquisa de tese está atrelada com a instalação de estação de monitoramento. A teoria geral dos sistemas estabelece uma forte complexidade de análise entre sociedade e natureza, dentro da pesquisa Geográfica, fornecendo novas ferramentas metodológicas para o estudo da realidade, resolvendo, em sua maioria, o problema da mensuração na geomorfologia, conferindo uma nova dimensão às pesquisas de campo (CHORLEY, 1971; ALENTEJANO e ROCHA LEÃO, 2006; GUERRA 2016).

É nessa perspectiva que Bitar e Ortega (1998) salientam que o monitoramento ambiental consiste na realização de medições e/ou observações específicas, dirigidas a alguns poucos indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas.

Portanto, o trabalho de campo na tese ganhou uma nova dimensão e amplitude com a instalação de estação experimental de monitoramento da erosão de solo, sendo essencial para: se verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo; dimensionar sua magnitude; avaliar se as medidas mitigadoras de impactos são eficazes; propor, quando necessário, adoções mitigadoras complementares.

A frequência de idas a campo se justifica pela aquisição de dados analíticos como mensuração de taxas erosivas e hidrológicas, pois são elementos ambientais que variam seu comportamento espacialmente e temporalmente.

A valorização da potencialidade do trabalho de campo na Geografia, portanto, se dá na íntima relação entre sociedade e natureza, na sistematização da produção social do espaço (expressões culturais e economia, por exemplo), com a marca que estas manifestações sociais deixam no meio físico, ou como esse meio pode interferir na própria produção social do espaço.

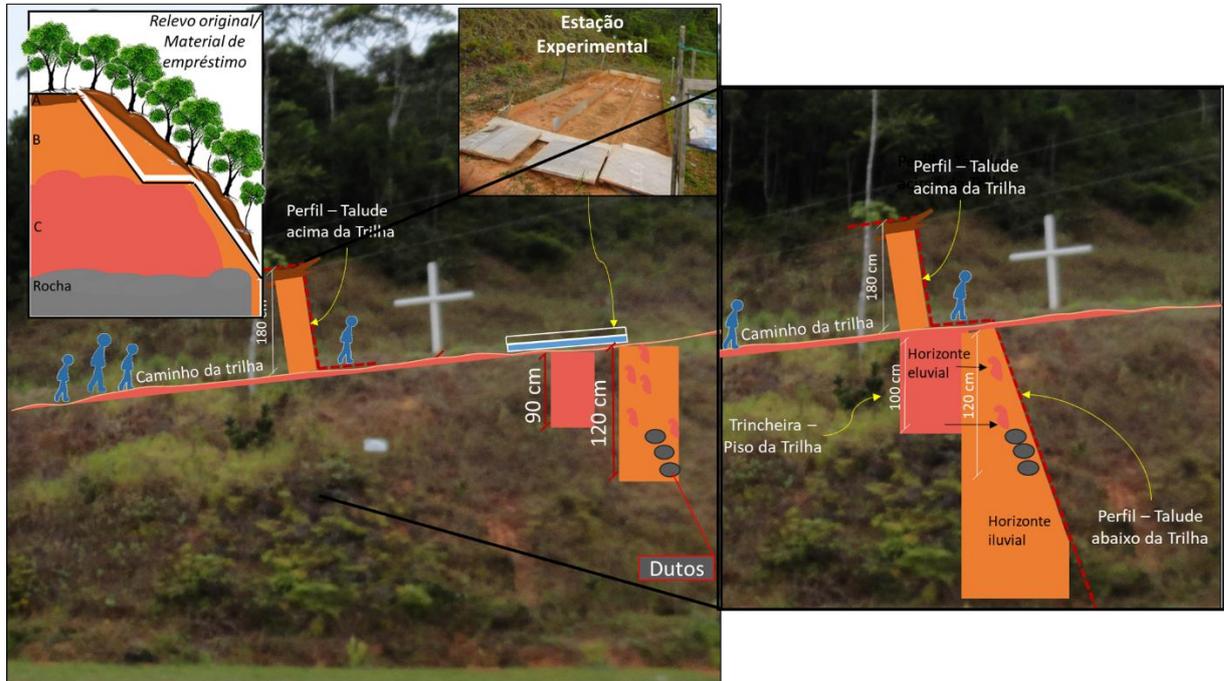
Por exemplo, locais que são privilegiados e possuem belezas naturais e que se destacam no cenário mundial, podem usufruir dessa exuberância para provimento de atrações e excursões turísticas, corroborando para a circulação do capital financeiro para o lugar, aquecendo a economia. Mas também pode culminar em prejuízos para o lugar, se não ocorrer o adequado planejamento turístico, provocando problemas de poluição na cidade, erosão de trilhas e outros. O adequado planejamento de uma cidade turística, por exemplo, ou de uma trilha, está em uma minuciosa pesquisa que relaciona o grau de resistência do lugar em receber um determinado quantitativo de indivíduos. Esse planejamento se dá no levantamento em campo de números de indivíduos que utilizam uma trilha, por exemplo, na análise de resistência do lugar e na elaboração de políticas públicas (GUERRA e JORGE, 2009; JORGE *et al.*, 2014).

### **Morfologia e características da encosta, identificação do perfil de solo e coleta de amostras**

Para a compreensão dos dados de percolação da água no solo e o processo de formação de escoamento em superfície é necessário conhecer o perfil de solo no qual se situa a trilha. Também foram coletadas amostras de solo deformadas e volumétricas para análises de propriedades químicas, físicas e mineralógicas, que servirão de respaldo para a identificação do perfil de solo da área pesquisada, bem como para a sistematização dos processos de erosão, que se iniciaram mais intensos pelo uso não apropriado da trilha.

A identificação do perfil de solo ocorreu por meio de trabalho de campo com a Geógrafa e Pedóloga do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rosângela Garrido Machado Botelho, utilizando como método o Manual Técnico de Pedologia e Guia Prático de Campo (2016). Em laboratório, foi elaborada análise macromorfológica do solo. A abertura do perfil de solo foi elaborada na área da trilha: no talude acima da trilha (TF), que tem ocorrência de floresta; na borda da trilha, ao lado das parcelas de erosão e que possui vegetação gramínea (TB); e uma trincheira no piso da trilha (TR), que possui solo exposto (figura 22).

Ambos os taludes possuem 56° de inclinação, o topo do solo da trilha tem 3° de declividade e 8,6 m em sua largura e 4° e 196 m, aproximadamente, em seu comprimento até o sopé da encosta (início da trilha). Todo o caminho da trilha é coberto por gramínea em seu piso, ou apresenta solo exposto, local onde foi instalada a estação experimental.



**Figura 22.** Ilustração do uso da encosta pela atividade turística, bem como os pontos de análises de perfis de solo, de coleta de amostras e instalação da estação experimental. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2016).

Em cada horizonte dos perfis de solos foram coletadas amostras volumétricas e deformadas para análise das propriedades físicas, químicas e mineralógicas. As amostras de solos deformadas foram secas ao ar e destorroadas, sendo utilizadas para as análises dos próximos tópicos. Todas as análises foram em triplicata, seguindo o rigor científico dos testes estatísticos.

### **Propriedades físico-químicas do solo**

Seguindo o método da EMBRAPA (2011), analisaram-se as propriedades físicas do solo (porosidade total, densidade aparente, textura e estabilidade dos agregados) e químicas (matéria orgânica e pH). A classificação textural do solo desta pesquisa seguiu os parâmetros do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2019).

### - Análise da porosidade total e densidade aparente do solo

As análises foram baseadas segundo métodos da EMBRAPA (2011). As análises de porosidade total e densidade aparente (DS) foram elaboradas por meio da coleta de solo volumétrico, em anéis de kopeck de 100 cm<sup>3</sup> (figura 23). Para determinação da porosidade total, foi utilizada análise da densidade real para se basear no cálculo, onde:

$$\text{➤ } \textit{Porosidade Total} = 100 (\textit{densidade real} - \textit{densidade aparente}) / \textit{densidade real}$$

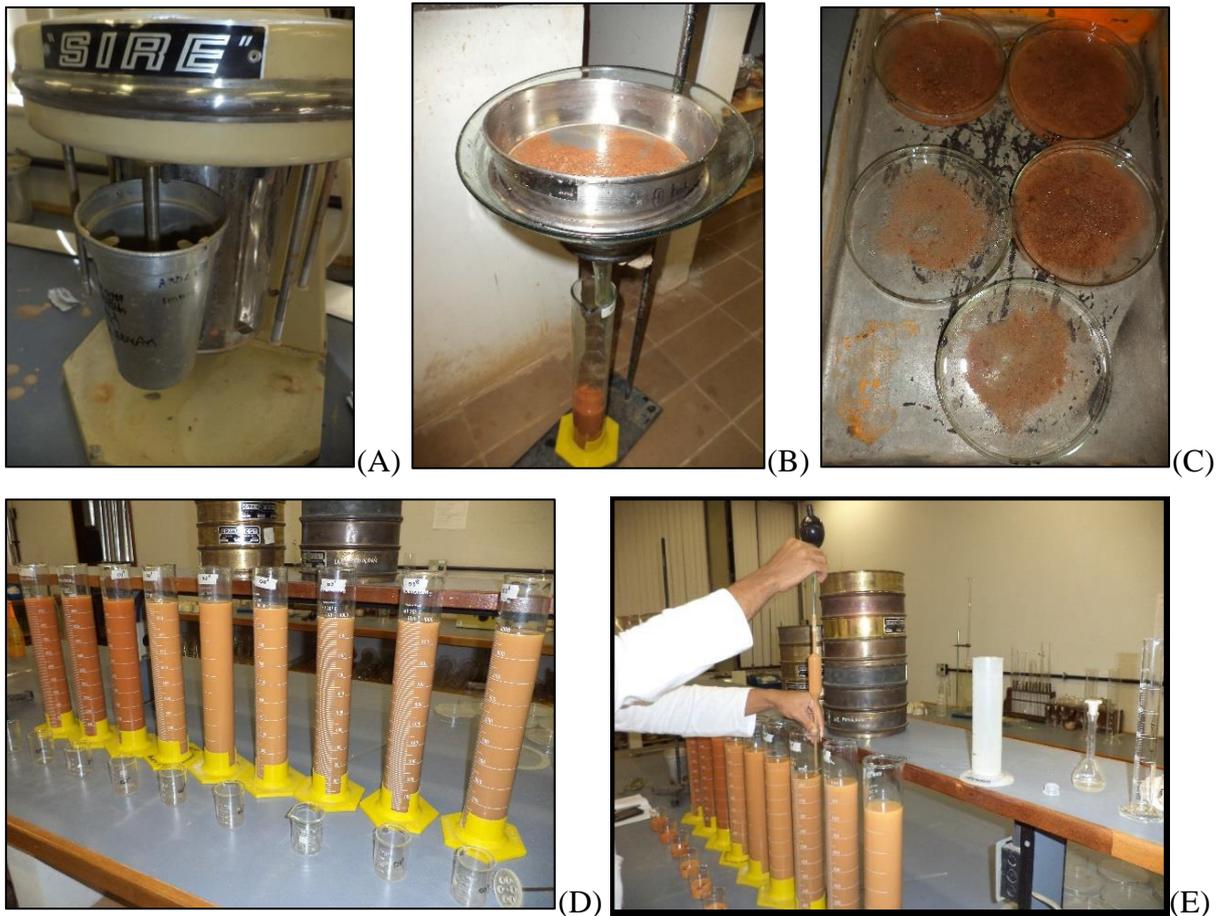
$$\text{➤ } \textit{Densidade Aparente} (\textit{g/cm}^3) = \textit{peso da amostra seca} (\textit{g}) / \textit{volume do anel cm}^3$$



**Figura 23.** Coleta de amostra volumétrica do solo (A), visto em detalhe no anel de kopeck (A e C). Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

### - Análise granulométrica

O solo foi destorroado e separado as frações por peneiramento em frações grossas e finas, estas são secas em estufa para posterior pesagem. O material fino foi separado após a adição de dispersante (NaOH) e batido no mix por 15 minutos, após esse processo o material é lavado por uma peneira que fica sob uma proveta, onde o silte decantou e o material suspenso (argila) foi coletado e colocada em estufa (figura 24). Após a secagem, analisou-se o seu peso e foi calculado o valor do percentual de argila (EMBRAPA, 2011).



**Figura 24.** Análise granulométrica para determinação da classificação textural do solo onde (A) é o agitador das partículas das frações de solo, (B) a lavagem na peneira, (C) areia retida na peneira, (D) argila em decantação na proveta (E) e pipetagem da argila após tempo determinado. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

#### - Análise de matéria orgânica (M.O.)

A análise tem como princípio a oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor despreendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). Portanto, pesa-se aproximadamente 20g de solo e tritura em gral e se passa em peneira de 80 mesh. Após esse procedimento, pesa-se 0,5g do solo triturado e o coloca em erlenmeyer de 250ml. Adicionou-se 10 ml (pipetados) da solução de dicromato de potássio 0,4N. Um branco foi incluso na análise com 10 ml da solução de dicromato de potássio e se anotou o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto. Um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura cheia de água na boca do Erlenmeyer foi inserido, funcionando este como condensador. A solução foi aquecida em placa elétrica até

a fervura branda, durante 5 minutos. Após esfriar, junta-se 80 ml de água destilada, medida com proveta, 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina. Titular com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1N até que a cor azul desapareça (figura 25), cedendo lugar à verde (EMBRAPA, 2011).



**Figura 25.** Etapas das análises de matéria orgânica. Aquecendo a solução em placa elétrica (A); soluções em repouso (B); processo de titulação (C). Foto: Leonardo S. Pereira (2017).

Após a titulação, anotou-se o número de mililitros gastos de sulfato ferroso, a fim de calcular o carbono orgânico e a matéria orgânica em g/kg, onde:

$$\begin{aligned} \text{➤ } C \text{ (g/kg)} &= (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6 \\ f &= 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco} \end{aligned}$$

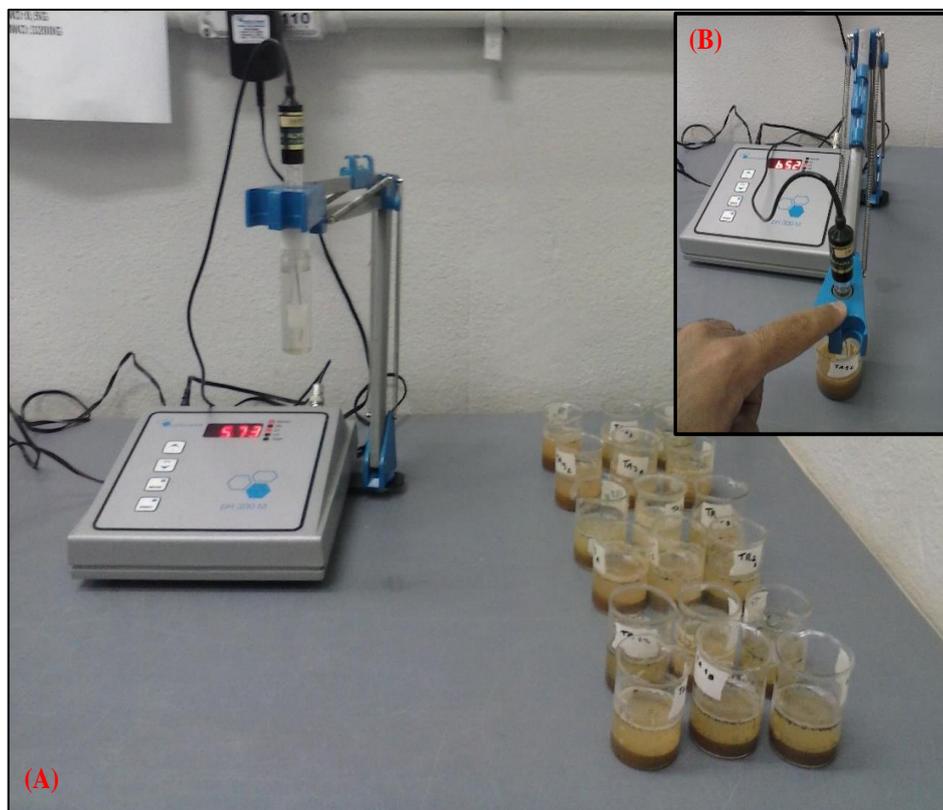
A percentagem de matéria orgânica é calculada e se multiplicando o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

$$\text{➤ } \textit{Matéria orgânica (g/kg)} = C \text{ (g/kg)} \times 1,724$$

#### - Análise de pH

Para este procedimento, foi utilizado um medidor de pH de bancada (pH 300 M, da empresa Analyzer). Este equipamento conta com um eletrodo acoplado no leitor de pH. Foi elaborado a calibração do equipamento com soluções tampão de pH 4 e 7 para realizar a leitura de acidez dos distintos solos.

A análise seguiu o método da EMBRAPA (2011), onde se pesa 10 g de solo em um recipiente de 100 ml. Adicionou 25 ml de água e, com auxílio de um bastão de vidro, agitou a solução, deixando-a em repouso por uma hora. Posterior a este procedimento, agita-se a solução novamente e mergulha o eletrodo para o procedimento de leitura (figura 26 A; B).



**Figura 26.** Procedimento de aferição de pH (A), visto em detalhe com o eletrodo mergulhado na solução (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2017).

### **Análise mineralógica dos argilominerais**

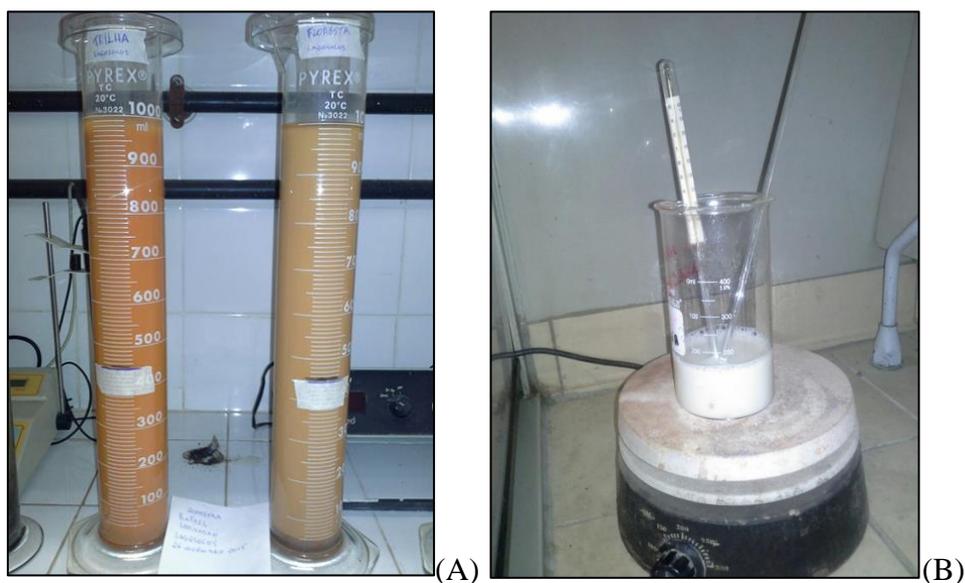
Foi elaborada análise mineralógica no horizonte A do solo de floresta, que está representado pelo perfil de solo do talude, bem como no horizonte BC, piso da trilha na qual foi construída a estação experimental e aberto a trincheira no solo.

A identificação dos minerais na fração argila pode ser realizada através de várias técnicas, porém, a mais utilizada é a Difração de Raios-X (DRX), que leva em consideração a estrutura mineralógica, mais especificamente, a distância interplanar dos minerais. Os valores de reflectância desses minerais são bem definidos, cabendo o conhecimento de sua estrutura e características físico-químicas para interpretação dos resultados por DRX, obtendo valores angulares em theta, que representam o ângulo de incidência do feixe de raios X no plano

cristalográfico, que podem ser convertidos para a distância interplanar dos minerais em angstrom, através da equação de Bragg (CALDERANO *et al.*, 2009).

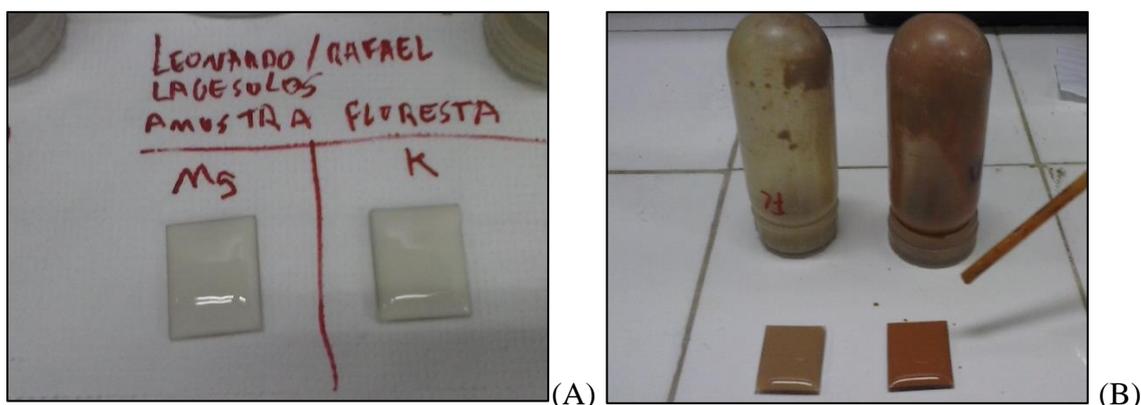
As análises mineralógicas da fração argila foram realizadas nos Laboratórios de Via Úmida e Difração de Raios-X, Departamento de Geologia – UFRJ, seguindo os métodos da EMBRAPA (2011) e Jackson (1969), com algumas adaptações. A fração argila, das duas amostras, foi separada por sedimentação, a partir da terra fina seca ao ar, com uso de defloculante (NaOH), submetida à dispersão mecânica, sedimentação e sucção da fração argila em meio aquoso (figura 15). Logo depois, utilizou-se HCl em quantidade similar ao defloculante para o neutralizar, sendo posteriormente concentrada e lavada as amostras de argila com uso da centrífuga.

Após estes procedimentos, as lâminas-guia foram confeccionadas através da técnica do gotejamento e levadas ao DRX. Em seguida, as duas amostras de argila foram submetidas a uma série de tratamentos químicos, para a retirada de componentes que pudessem dificultar a identificação dos argilominerais. Devido ao elevado teor de matéria orgânica (4,3%) a amostra de floresta foi submetida ao tratamento para a queima da matéria orgânica. A retirada do ferro também se fez necessária em ambas amostras (figura 27). Já os sais solúveis e carbonatos foram sendo, conseqüentemente, retirados nos tratamentos anteriores.



**Figura 27.** Sedimentação da argila (A) e retirada do ferro (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

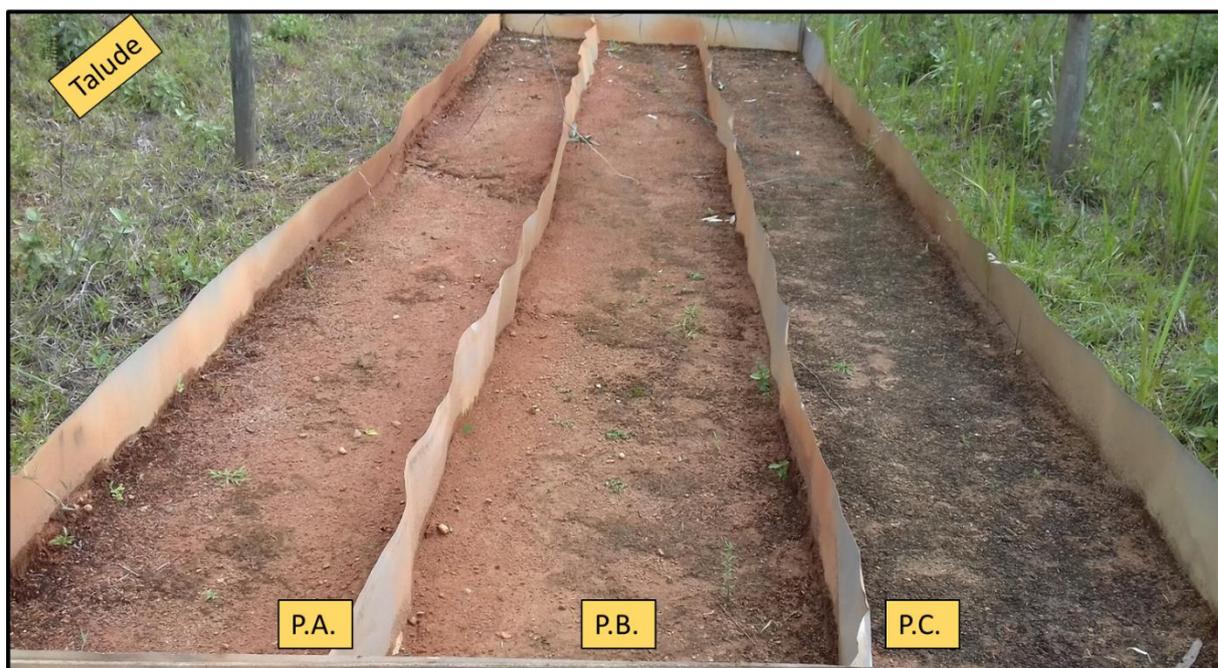
Assim, o material obtido para as amostras de trilha e floresta foi dividido em duas porções cada, onde uma foi saturada com magnésio ( $Mg^{++}$ ) e a outra com potássio ( $K^+$ ), sendo, então, confeccionadas duas lâminas para cada amostra. As lâminas saturadas com  $Mg^{++}$  foram levadas ao dessecador a vácuo entre 4 e 6 horas, saturado com etileno-glicol, permanecendo no dessecador por aproximadamente 24 horas, visando criar condições para a expansão das estruturas de possíveis argilominerais expansivos presentes nas amostras. Já as saturadas com  $K^+$ , foram levadas ao forno mufla e aquecidas a  $550^{\circ}C$ , permanecendo no forno por 4 horas, a fim de verificar colapso e/ou destruição nas estruturas de argilominerais. Após os tratamentos, as lâminas glicoladas e aquecidas foram passadas no DRX (Figura 28).



**Figura 28.** Lâminas saturadas com magnésio ( $Mg^{++}$ ) e potássio ( $K^+$ ) (A); Lâminas que não passaram por nenhum tratamento. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

#### **Análises da crosta do solo**

Em cada parcela de erosão foi coletada na parte superficial do topo do solo a crosta que se formou (figura 29). A análise se baseou em um estudo quantitativo e qualitativo, identificando a espessura e forma da crosta, bem como as propriedades físico-químicas, seguindo o método da EMBRAPA (2011). Foram elaboradas análises de granulometria, matéria orgânica e pH. Estas análises são importantes, pois são parâmetros que influenciam diretamente na resistência que a crosta tem na proteção do solo, em relação ao arraste de partículas pelo escoamento superficial.



**Figura 29.** Formação da crosta na superfície do solo nas parcelas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

#### **Coleta de dados pluviométricos e da temperatura ambiente**

Os dados de chuva para a pesquisa serviram de respaldo para se entender o clima da área, o regime pluvial, bem como compreender a relação do total de chuva com o líquido retido no solo para a análise do potencial pressão negativo. Com isso, para reconhecer o comportamento da chuva no local, coletou-se, por meio de um pluviômetro manual, dados de chuva diariamente. O equipamento se encontra a 1 km do local da estação na qual a trilha está situada. São dados de 10 anos de monitoramento (2009 até 2018), este que teve início pelo professor Doutor Antônio José Teixeira Guerra e a Geógrafa doutora Maria do Carmo Oliveira Jorge, em maio de 2008, com coordenadas UTM 474253 e 7396501. Para maior acurácia, foram comparados esses dados com os do banco de dados climáticos do Brasil (2015), que contam com histórico de chuva de 30 anos do local da área de estudo (1961-1991). Os dados foram base para a pesquisa de mestrado de Pereira (2015) e obtiveram continuidade, sendo essenciais na presente pesquisa de doutorado para o conhecimento da dinâmica do clima do local.

Para análise da relação chuva e da dinâmica do líquido no solo, outro equipamento de mensuração de chuva foi instalado no local da estação experimental, dentro da trilha. Neste caso, um pluviômetro automático que afere o quantitativo de chuva a cada hora e conta com uma sensibilidade de cada movimentação da balsa de 0,2 mm (figura 30). Este se encontra em sintonia de horário com o equipamento que afere a umidade do solo. O objetivo desses

equipamentos é adquirir dados em curto intervalo de tempo no local da trilha, para se entender a movimentação da água no solo em subsuperfície e o processo de formação do escoamento superficial. A análise do escoamento também contará com o respaldo dos dados diários do pluviômetro automático.

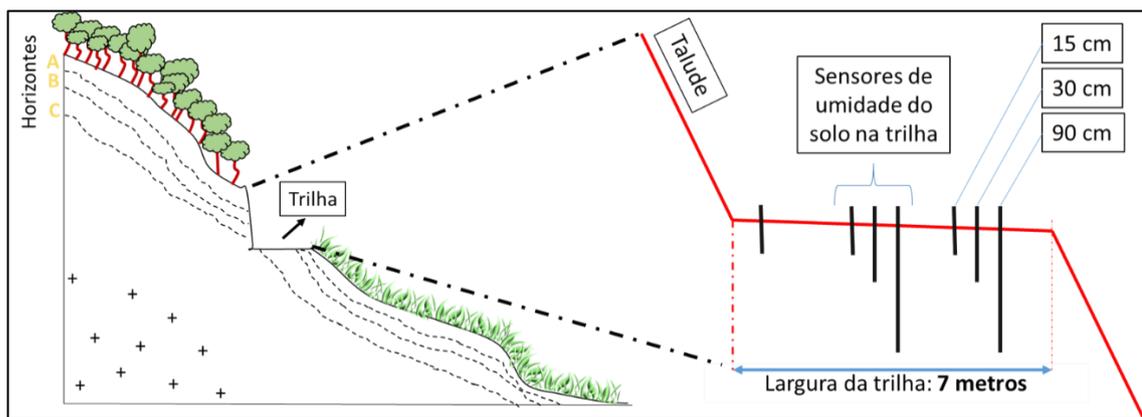


**Figura 30.** Visão geral do pluviômetro automático instalado na trilha (A); parte de cima do aparelho salientando o sistema interno de báscula que contabiliza a chuva (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

O pluviômetro automático também conta com um sensor de temperatura ambiente que afere a cada hora a temperatura. Estes dados serviram de base para analisar o tempo de conservação e mudança de temperatura no solo, que influencia a dinâmica dos microrganismos. Tendo esses dados como parâmetros e os da literatura (VAN ELSAS *et al.*, 2006; EMBRAPA, 2007; GOMES, 2017), que indicam as temperaturas ideais para a atividade edáfica no solo, foi analisado a variação térmica no topo do solo e a relação estabelecida com a atividade dos microrganismos.

## Monitoramento hidrológico (potencial matricial da água no solo) e da temperatura do solo

Em cada parcela de erosão foi instalado bateria de sensores de matriz granular (SMG), que aferem a umidade do solo. Os sensores foram instalados ao longo da largura da trilha, dentro das parcelas de erosão e em três profundidades diferentes (15; 30 e 90 cm) (figura 31), para se entender os processos hidroerosivos da encosta, que sofreu com o corte para material de empréstimo, a fim de entender o processo de aumento e diminuição do teor de água no solo por meio dos potenciais matriciais.



**Figura 31.** Ilustração da formação da trilha em encosta e esquema da instalação dos sensores de umidade do solo no piso da trilha. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017).

O monitoramento dos sensores foi por meio de um *datalogger* com aferição a cada hora. Estes operam na faixa de 0 até -250 kPa, aproximadamente (figura 32). Foram individualizados períodos de estiagem logo após a saturação do solo para se entender o processo de drenagem da água.

O *datalogger* também conta com um sensor de temperatura do solo e o mesmo foi instalado a 10 cm da superfície para análise da inibição da atividade de microrganismos. O monitoramento é a cada hora e os dados são confrontados com os de temperatura ambiente, a fim de se entender o tempo de mudança de temperatura do solo em relação à temperatura ambiente, dados estes adquiridos pelo pluviômetro.



**Figura 32.** Visão geral das parcelas de erosão, salientando a instalação do sensor de umidade do solo e o *datalogger*. Foto: Leonardo S. Pereira (2015).

### **Monitoramento do escoamento superficial: transporte da água e do solo**

Três parcelas de erosão, das quais as calhas são do modelo Gerlach (GUERRA, 2005), foram instaladas no piso da trilha, paralelo ao talude, em declividade de 4°, delimitadas com placas galvanizadas, a uma profundidade de, aproximadamente, 15 a 20 cm. Ressalta-se que as parcelas de erosão estão instaladas em condições climáticas naturais e foram monitoradas no período entre agosto de 2013 e dezembro de 2017. O monitoramento é uma continuação da pesquisa de mestrado desenvolvida no PPGG/ UFRJ (PEREIRA, 2015) e teve continuidade para a presente tese. São três parcelas de erosão com mesmas características de uso para se entender a diferenciação dos processos hidroerosivos que ocorrem na trilha, uma vez que se entende que a dinâmica do escoamento e erosão não seja linear e os impactos estejam sendo diferenciados ao longo da largura da trilha.

As parcelas têm 10 metros de comprimento e 1 metro de largura, totalizando 10 m<sup>2</sup>, estando conectadas a calhas que coletam os sedimentos e a caixas que armazenam o escoamento superficial. As caixas que armazenam o escoamento têm capacidade de 100 Litros. Dentro das

caixas foram inseridos baldes graduados de 10 litros, a fim de armazenar o escoamento que não ultrapassa 10 litros (figura 33).



**Figura 33.** Visão geral das parcelas de erosão, salientando suas dimensões (comprimento e largura) e a caixa de armazenamento do escoamento. Foto: Leonardo S. Pereira (2013).

Em campo, todas as manhãs (9:00 horas) foi verificado a ocorrência de escoamento e se mensurou o que foi armazenado nas caixas de 100 Litros, após os eventos de chuva. Do volume do escoamento armazenado, após a homogeneização de todo o material erodido, retira-se alíquota de um litro para análise em laboratório. No laboratório, a alíquota de um litro é colocada na estufa para a evaporação da água. Posterior à secagem, esfria-se em dessecador e se pesa a fim de determinar o total de solo perdido superficialmente (t/L) e se multiplica pelo volume de litros retidos da caixa coletora (L), o que equivale ao quanto foi erodido na área da parcela (ha). Embasado nesse resultado, calcula-se os dados para tonelada/hectare (t/ha), onde:

$$\text{Perda } t/ha = [(\text{Sedimento perdido } t/L \cdot \text{Escoamento } L) / \text{Área da Parcela } ha]$$

### **Monitoramento da transformação da textura do solo superficial**

A análise da mudança da camada superficial da trilha ocorreu por meio da comparação de imagens adquiridas de uma câmera de celular de 12 Mp, aparelho de baixo custo em comparação com outras câmeras profissionais. Nos trabalhos de campo era nítida a mudança do topo do solo das parcelas de erosão, sendo importante uma análise mais aprofundada dessa ocorrência. Junto a esta, foram analisadas as partículas de solo escoadas superficialmente nas parcelas para se verificar sua relação com a transformação do piso da trilha.

### **Evolução erosiva superficial da trilha por meio da classificação de imagem**

Fotos do topo do solo de cada parcela de erosão foram tiradas para análise de classificação da textura do solo em três anos (2013, 2016 e 2017), avaliando a transformação da trilha ao longo de três anos pelo processo de arraste de partículas de solo, provocado por meio do escoamento superficial. Salienta-se que a classificação da textura se baseou no *pixel* da areia, que se destaca no topo do solo, bem como na crosta, e o restante foi classificado como silte e argila. Este método segue os moldes aplicados por Bezerra *et al.* (2011), que monitorou a evolução da recuperação vegetal em um solo degradado por classificação de imagem.

A classificação de imagem foi por meio do *Spring* 5.2.4 nas três parcelas de erosão em anos diferentes. O método mais usual de classificação supervisionada do tipo pixel-pixel é a do MAXVER (máxima verossimilhança), método este que foi empregado na pesquisa. Segundo INPE (2009), para que a classificação seja precisa é importante ter considerável número de “pixels” para cada amostra do treinamento. Nesta perspectiva, selecionou-se para cada amostra 100 números de pixel espalhados aleatoriamente em cada parcela e foi validado a classificação da imagem por meio de uma matriz, salientando a porcentagem de acertos e erros do que o programa classificou pela análise supervisionada. Essa análise, após validada, foi confrontada com dados de textura em superfície do solo.

### **Evolução erosiva superficial da trilha por meio de análises granulométricas de arraste de partículas de solo**

Das alíquotas de um litro coletadas para análise de perda de solo, foi elaborado análise granulométrica dessas partículas escoadas superficialmente para relacionar com as porcentagens texturais presentes no solo *in situ*. Utilizou-se o método da EMBRAPA (2011) e, para alcançar os 20 gramas de solo para a análise, foram somadas as perdas de solos dos dias contínuos que tiveram escoamento superficial. No total são 20 períodos entre agosto de 2013 e

novembro de 2017 (tabela 2), sendo que entre 23 de agosto de 2017 e 6 de novembro do mesmo ano foi individualizado por parcela para se entender se estava ocorrendo padrões de arraste dos tamanhos das partículas de solo diferenciada.

**Tabela 2.** Períodos de partículas de solo armazenadas e utilizadas na análise de granulometria.

Amostra/ Período	
1	19/08/2013-16/11/2013
2	22/11/2013-07/01/2014
3	16/02/2014-08/03/2014
4	21/03/2014-26/04/2014
5	27/04/2014-23/05/2014
6	28/05/2014-27/07/2014
7	28/07/2014-21/10/2014
8	22/10/2014-14/11/2014
9	24/11/2014-27/11/2014
10	13/12/2014-03/01/2015
11	05/11/2015-04/01/2016
12	10/01/2016-16/01/2016
13	16/02/2016-02/02/2016
14	28/04/2016-23/08/2016
15	06/10/2016- 07/11/2017
16	02/02/2017- 07/03/2017
17	08/03/2017-17/04/2017
18	06/06/2017-19/06/2017
19	21/06/2017-22/08/2017
P.A.	23/08/017 - 06/11/2017
P.B.	23/08/017 - 06/11/2017
P.C.	23/08/017 - 06/11/2017

### **Análise estatística**

Os dados adquiridos na pesquisa foram tabelados no software Excel 2013. Para as análises de estatística foi utilizado o *software R Project* versão 2.12.0. Para descrever e resumir todos os dados experimentais da pesquisa foi utilizado o cálculo da estatística descritiva. A fim de se obter uma extrapolação dos dados, avaliar a acurácia dos mesmos e os sistematizar, utilizou-se a estatística inferencial. Desse modo, foram elaborados cálculos, para todos os dados experimentais, de desvio padrão, para avaliar a dispersão e variação dos dados das médias, bem como calculado o coeficiente de variação de Pearson, para estimar a precisão e dispersão relativa dos dados experimentais. Nos dados de potencial matricial da água no solo se calculou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para verificar se os dados se adequam a um modelo linear.

Nos dados de correlação da temperatura do solo, chuva, temperatura ambiente, e a umidade do solo em distintas profundidades, foram utilizados 2.212 dados que foram adquiridos a cada hora durante o período 27/07/2016 até 27/10/2016.

Para se analisar em detalhe esses dados, foram selecionados períodos curtos: entre 01/08/2018 e 31/08/2018, nos dados de correlação de temperatura do solo e ambiente e sua relação com a umidade no solo em superfície.

### **Elaboração de material didático com os solos descartados das análises**

Ressalta-se que os solos utilizados em todas as análises foram reutilizados para a elaboração de material didático, a fim de se difundir e popularizar o conhecimento científico por meio da educação ambiental de solos. Observou-se durante o trabalho em laboratório que o lixo é um comum destino para o descarte do solo no fim das análises físicas nos laboratórios de diversas áreas das Geociências como: Geografia Física, Geomorfologia, Geologia, Ciências do solo e outros (figura 34). São pesquisas que possuem enfoque em temas atrelados às questões ambientais, ecológicas, sociais e econômicas, por exemplo, e a coleta de porções de solos *in situ*, por meio de trabalhos de campo, e sua análise em laboratório possibilita o diagnóstico e a mitigação do problema a ser investigado.



(A)



(B)

**Figura 34.** Solos armazenados para análises em laboratório (A) e descartados no lixo (B). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).

Apesar do baixo impacto que a retirada desse material confere aos sistemas ambientais, o volume de solo não utilizado e os que foram utilizados e descartados após as análises de suas propriedades físicas (porosidade, granulometria, densidade aparente, macromorfologia e outros) se torna um problema posterior de descarte. Em sua maioria, os solos não estão contaminados e o destino dos mesmos são os lixões, mas a questão principal é: por que não utilizar o mesmo material para auxiliar em projetos e disciplinas com temas que versam a educação ambiental? Nessa perspectiva, a pesquisa tem como meta o aproveitamento do solo descartado para a elaboração de materiais didáticos práticos que auxiliem na formação de professores e no processo de aprendizagem de alunos do ensino básico, tendo como foco temas relacionados aos processos ambientais que vão auxiliar no entendimento dos dados científicos da presente tese.

A pesquisa teve como foco, portanto, a utilização do aporte técnico-metodológica das Geociências para a elaboração de *kits* de solos, a fim de respaldar o ensino dos conceitos da Geografia Física e promulgar o desenvolvimento da consciência de preservação dos recursos naturais. Foram elaborados três *kits* de textura de solo: arenoso, silteoso e argiloso; três *kits* de cores de solo seguindo a Matiz da Carta Munsell: preto, vermelho e amarelo; dois *kits* de agregados do solo: macroagregados de florestas e de área degradada; e duas parcelas de erosão elaboradas em garrafas pets, simulando o processo de hidroerosivo, que faz alusão ao monitoramento do escoamento superficial elaborado na trilha, onde uma parcela representa um solo degradado (sem cobertura vegetal e menos resistente devido as suas propriedades, como o piso da trilha) e a outra de área de floresta (com cobertura vegetal e resistente devido as suas propriedades). O solo da trilha foi utilizado na parcela degradada e o da floresta (talude acima da trilha) na parcela conservada. Foi utilizado milho para simular a vegetação, uma vez que tem uma taxa de crescimento de suas raízes e de germinação rápida (1 semana).

Tais recursos didáticos foram utilizados em um workshop na Escola Parque, na Gávea, na Semana do Viver Bem em junho de 2019, para aplicar tais técnicas e métodos desenvolvidos tanto para a formação continuada de professores, quanto para os alunos das disciplinas de Geografia e áreas afins.

Estes *kits* serviram como base para aprimorar o conhecimento dos alunos em relação aos impactos humanos nos processos naturais e na ocorrência de áreas degradadas, por meio das análises das propriedades do solo e comparando um solo de boa qualidade com um depauperado. Portanto, temas e conceitos associados à dinâmica da paisagem, ou seja, interação sociedade e natureza, foram sistematizados e abordados para se trabalhar questões erosivas de

solo, ciclo hidrológico, bem como uso e manejo do mesmo, conceitos e temas que se encontram atrelados ao tema da presente tese.

Os dados da pesquisa e da dinâmica da aplicação de tais técnicas didáticas irão auxiliar professores na elaboração dos materiais, bem como auxiliar no conhecimento dos processos hidroerosivos da presente tese.

#### **CAPÍTULO 4: CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E RELEVO DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL EM UMA TRILHA**

A estação está inserida na bacia hidrográfica do rio Maranduba, na estrada do Araribá, Ubatuba/ SP, em encosta que sofreu com ações antrópicas, em área de retirada de material de empréstimo de solo (corte de encosta), caracterizando ambiente de trilha, apresentando solo degradado e com pouca vegetação. Suas coordenadas são  $-45^{\circ} 15' 9,23''$  de Longitude e  $-23^{\circ} 32' 46,87''$  de Latitude a 19,2 metros de elevação (figura 35). A presente área de estudo se encontra a 27 km do centro de Ubatuba e a 24 km do centro do município de Caraguatatuba.

A trilha está inserida em um morrote convexo isolado de 60 metros de altitude, em uma sub-bacia do rio Maranduba. Este morrote se encontra inserido em área de planície flúvio-marinha e a morfologia original deste relevo foi modificada, por meio da alteração de sua vertente, que sofreu com ações antrópicas, através da retirada de material de empréstimo de solo (corte de encosta), culminando em uma vertente retilínea e que serviu para deslocamento de pessoas. Essa trilha deixou de ser utilizada e se manteve abandonada, possuindo solo degradado, ou seja, retirada da cobertura vegetal e problemas com erosão. Desse modo, foi possível a construção de uma estação experimental dentro de uma trilha, visto que se encontra inativa, não sendo utilizada com frequência como meio de deslocamento. A pedologia da área, que tem como solo característico o Latossolo Vermelho-Amarelo, foi modificada e o horizonte A foi removido totalmente da trilha, expondo os horizontes dos taludes e a camada pedológica de seu piso (figura 35).



**Figura 35.** Morrote que sofreu corte de encosta, salientando o surgimento da trilha e seu abandono. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

Apesar de exercerem importância para a economia de Ubatuba, as atividades turística e de mineração são responsáveis pelo crescimento da degradação ambiental, sobretudo em relação à perda da qualidade dos solos. Através da retirada da cobertura vegetal, onde os solos ficam desprotegidos contra a ação da água, ocorre ao aumento do processo de escoamento superficial mesmo em terrenos de baixa declividade (PEREIRA *et al.*, 2016; RODRIGUES, 2016).

Nessa perspectiva, a fragilidade do solo e a sua suscetibilidade à erosão, por exemplo, estará mais associada com o tipo de atividade que nele se desenvolverá. Observa-se que solos com as mesmas características granulométricas de uma mesma área, como na trilha do sítio Recanto da Paz (trilha situada ao lado da estação experimental), apresentam características distintas de sua qualidade devido à atividade turística.

Observa-se que o solo da floresta possui presença de elementos fundamentais para a dissipação e o processamento de energia e matéria, como presença de camada espessa de matéria orgânica (M.O.) na superfície, que auxilia na resistência dos agregados, bem como a presença da biota edáfica e de poros, que auxiliarão na drenagem da água. a borda da trilha possui maior preservação de suas características naturais, pois não é afetada diretamente com o pisoteio turístico, que se concentra em seu interior (JORGE, 2017). Logo, nota-se a presença dos organismos vivos e de matéria orgânica que vão auxiliar na resistência do solo frente à erosão (figura 36 c).

Em contrapartida, o solo do piso da trilha, onde se estabelece a atividade turística inadequada, observa-se um sistema menos complexo, com baixa presença de porosidade e atividade biológica e com pouco estoque de M.O., corroborando na maior fragilidade da área e nas perdas de partículas de solo e água superficialmente devido à baixa capacidade de processamento dessas matérias (figura 36 b; d).

A presente trilha representa a realidade da falta de conservação da maioria desses ambientes, que sofrem com práticas inadequadas de uso e manejo, culminando em sistemas menos complexos nas interações ecossistêmicas no caminho da trilha que ocorre o pisoteio. A degradação desses ambientes é perceptível, pois, além de apresentar solo exposto (menos resistente aos agentes modeladores do relevo), observa-se a perda da camada superficial do solo por meio da exposição das raízes e minerais (figura 36 a; b; d).



**Figura 36.** Fragmentos de rocha e raiz exposta salienta o material de solo perdido superficialmente (a e b) e a areia residual se deposita em áreas de baixa declividade e de represas como raízes (d), bem como presença de atividade de organismo vivos na borda da trilha (c) do Sítio Recanto da Paz (trilha situada ao lado da encosta da estação experimental). Fotos: Leonardo S Pereira. (2017).

Na trilha recanto da Paz, que se situa ao lado da estação experimental, visualiza-se a problemática dos processos de perda de solo superficial, onde ocorre o acúmulo da areia que é perdida. A areia, que é a partícula de maior resistência à erosão, devido ao tamanho de seu grão, está sendo transportada e acumulada a jusante, o que salienta a força da energia de água que escoou superficialmente sobre as trilhas (figura 37). Ou seja, o material que é perdido a montante, responsável por expor raízes e fragmentos de rocha, se deposita em áreas mais baixas.



**Figura 37.** Trilha mais íngreme com sulcos erosivos, salientando o caminho preferencial do escoamento da água, bem como o depósito de areia na parte inferior e de baixa declividade (trilha situada ao lado da encosta da estação experimental). Foto: Leonardo S Pereira. (2017).

Por meio da caracterização macromorfológica e das propriedades físico-químicas e mineralógicas dos perfis de solo e da trincheira, caracterizou-se o solo da encosta, que se encontra a estação experimental, de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico.

As características do solo da área pesquisada apresentam elementos e propriedades que conferem a esse sistema boa dinâmica hidrológica nos taludes (TF e TB), em detrimento ao piso da trilha (TT) (quadro 3).

A partir da caracterização macromorfológica dos perfis de solo e da trincheira, observa-se nítida diferenciação dos horizontes pela coloração, onde o talude da floresta (TF) possui horizonte A, BA, Bw1 e Bw2. Segundo a classificação da Carta de Munsell, TF possui no horizonte A (0-10 cm) código 7.5YR/5/2 (Brown); BA e Bw1 (10-38 e 38-55 cm, respectivamente) código 10YR/6/6 (Brownish Yellow); e Bw2 (55-180 cm) possui 10YR/6/8 (Brownish Yellow) (quadro 3) . A presença do horizonte A, solo mais escuro e de cor

amarronzada, deve-se pela presença da cobertura vegetal, que incrementa nesse sistema matéria orgânica e que ajuda a diferenciar os horizontes mais superficiais.

Em relação ao TB, não tem ocorrência de horizonte A, mas a presença de um BA, que exprimi o início da formação de um horizonte A na borda da trilha, que se encontra menos degradada (solo menos exposto com cobertura de gramínea). Logo, BA (0-5 cm) possui código Munsell 10YR/5/8 (Yellowish Brown); Bw1 e Bw2 (5-15 e 15-120 cm, respectivamente) se classificam como 10YR/6/8 (Brownish Yellow).

A trincheira no piso da trilha (TT) foi caracterizado como horizonte BC entre 0 e 100 cm de profundidade, sendo esta a camada de maior profundidade do perfil de solo da encosta, que se encontra exposta devido à abertura da trilha. Seu código está relacionado a um solo avermelhado (2.5R/5/8 – Red).

Observa-se, portanto, a presença de três colorações nos perfis junto com a trincheira: marrom, vermelho e amarelo, que se relacionam com solos bem evoluídos e que passaram por processos pedogenéticos intensos. Os elevados índices pluviométricos na área respaldam coloração avermelhada, devido ao intenso processo de lixiviação das bases dos solos, culminando em um residual de óxidos de ferro.

Considerando a estrutura do solo (quadro 3), TF, TB e TT apresentam tamanhos que variam de pequeno/médio, pequena/grande e muito pequeno/médio. O grau de suas estruturas é moderado e os tipos são granular no horizonte A (TF) e granular/blocos subangulares ao longo dos perfis e trincheira de (TB e TT). Logo, as estruturas mais granulares estão associadas ao horizonte superficial A (TF), formando grumos, devido à presença de cobertura vegetal que auxilia, por meio da M.O., a sua formação. A atividade biológica também é responsável pela estrutura em grumos, e é indicativo que ao longo dos perfis de TF e TB tenha presença da biota edáfica.

A consistência do solo se caracterizou como macia (seca) e muito friável (úmida) nos distintos ambientes analisados e em todas as profundidades. Em relação à plasticidade e pegajosidade, demonstraram ser ligeiramente plástica até muito plástica e ligeiramente pegajosa até muito pegajosa, características de solos que possuem expressiva quantidade de silte e argila, principalmente, este que possui característica de armazenar água.

A presença de poros está relacionada à atividade de dois organismos: cobertura vegetal, que corrobora para a formação de abundantes poros médios, principalmente em TF; bem como pela atividade de formigas e minhocas, que foram encontradas em subsuperfície, culminando na formação de bioporos (quadro 3).

**Quadro 3.** Classificação macromorfológica do perfil de solo dos taludes e do piso da trilha.

Ambiente	Horizonte	Profundidade (cm)	Código Munsell	Estrutura			Consistência			Pegajosidade	Raízes		Poros	
				Grau	Tamanho	Tipos	Seca	Úmida	Plasticidade		Tamanho	Quantidade	Tamanho	Quantidades
Talude -Floresta (TF)	A	0-10	7.5YR/5/2	moderada	média	granular	macia	muito friável	lig. plástica	lig. pegajosa	finas	abundantes	médios	abundantes
	BA	010-38	10YR/6/6	moderada	pequena/média	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	pegajosa	muito finas	poucas	médios	comuns
	Bw1	38-55	10YR/6/6	moderada	pequena/média	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	plástica	pegajosa	muito finas	poucas	pequenos	poucos
	Bw2	55-105	10YR/6/8	moderada	pequena/grande	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	muito finas	poucas	grandes	abundantes
		105-180	10YR/6/8	moderada	pequena/média	muito granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	ausentes	-	pequenos	comuns
Trincheira - Trilha (TT)	BC	0-30	2.5YR/5/8	moderada	muito	granular/blocos	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	ausentes	-	pequenos	poucos
		30-80	2.5YR/5/8	moderada	pequena/média	subangulares								
		80-100	2.5YR/5/8	moderada	média	subangulares								
Talude - Borda da trilha (TB)	BA	0-5	10YR/5/8	moderada	média	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	muito finas	comuns	médios	poucos
	Bw1	005-15	10YR/6/8	moderada	pequena/média	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	plástica	pegajosa	muito finas	poucas	pequenos	poucos
	Bw2	15-45	10YR/6/8	moderada	pequena/grande	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	ausentes	-	pequenos	poucos
		45-90	10YR/6/8	moderada	pequena/grande	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	ausentes	-	pequenos	poucos
		90-120	10YR/6/8	moderada	pequena/grande	granular/blocos subangulares	macia	muito friável	muito plástica	muito pegajosa	ausentes	-	pequenos	poucos

Ao analisar os perfis de solo e trincheira na figura 38 A, B e C, constata-se que há atuação dos organismos vivos em TF e, assim, salienta-se maior conservação do solo desse talude, indicando que se encontra com boa qualidade. A atividade da biota edáfica está presente, principalmente, entre 30 e 160 cm (em Bw1 e Bw2), devido à ocorrência de um formigueiro no perfil, ou seja, contribuem para o processo pedogenético e são responsáveis, segundo Moreira e Siqueira (2006) e Guerra e Botelho (1996), pela ciclagem de nutrientes, aeração do solo, além de auxiliar na estruturação do mesmo, tanto em superfície, quanto em subsuperfície.

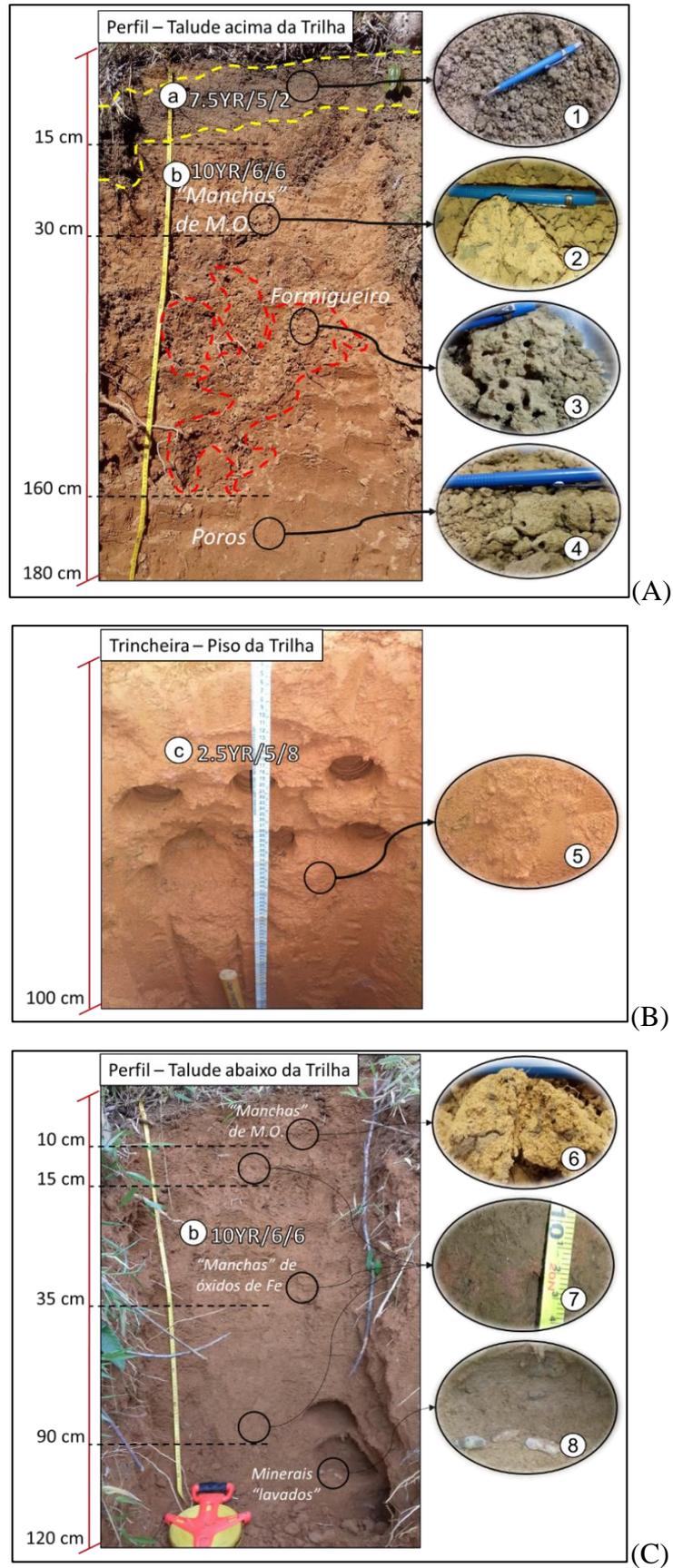
A atividade desses organismos explica a formação de macroporos em TF, que confere ao solo maior porosidade, auxiliando no processo de infiltração da água. Enquanto na trincheira da trilha (TT) o inverso se constata, sem presença de microrganismos que vão auxiliar na qualidade do solo e evitar problemas de degradação, por meio da erosão acelerada (CAPECHE, 2008) (figura 38 A e B).

No perfil de solo em TF, constata-se mobilização de matéria orgânica em subsuperfície para BA. A origem desse material é proveniente do horizonte A e está sendo mobilizado pelo perfil de solo por meio da atividade da biota edáfica, ou seja, é um sistema que possui boa relação com os elementos e atributos que o compõe. Em detrimento da TT, que não possui atividade de organismos vivos e possui poros de dimensões menores.

Como na trincheira da trilha o horizonte A foi removido e ocorre a exposição da camada BC, a vegetação e os microrganismos não se encontram presentes para ajudar na dinâmica e qualidade do solo, culminando em sua degradação por meio da erosão acelerada, impulsionada pela atividade dos agentes modeladores do relevo, por exemplo. O que explica o piso da trilha ser mais arenoso e com indicativos de erosão acelerada.

Observa-se na figura 38 C um perfil de solo (TB) mais homogêneo em relação aos tamanhos dos poros e de coloração. Com poros de dimensões menores devido à baixa atividade de microrganismos e vegetação (gramínea), constata-se que o horizonte BA, Bw1 e Bw2 são a continuação dos mesmos horizontes do TF, na sua morfologia original, que foi alterado devido ao corte de encosta para a formação da trilha.

TB, que apresentou poucas raízes e de características finas e muito finas, contudo, demonstrou que possui elevada drenagem em seu perfil devido à presença de manchas avermelhadas entre as profundidades de 15 e 90 cm (Bw1 e Bw2) (figura 38 C 7).



**Figura 38.** Perfis de solos dos taludes acima (talude da floresta – TF) e abaixo da trilha (talude da borda da trilha – TB) (A e B) e trincheira do piso da trilha (TT) (B).

Tais manchas são iluviações<sup>14</sup> provenientes de óxidos de ferro, que foram eluviados<sup>15</sup> do horizonte BC do piso da trilha, devido ao processo de lixiviação. Esse processo indica que o solo dessa área é bem drenado e a água pode estar auxiliando na translocação desse material lateralmente, em subsuperfície. Outro indicativo da expressiva dinâmica hidrológica está na ocorrência de três dutos na profundidade entre 90 e 120 cm (Bw2), ou seja, processo de exfiltração no talude abaixo do piso da trilha, como observado em análise de campo (figura 39). A presença de minerais de quartzo lavados que se encontram dentro dos dutos corrobora na compreensão de boa drenagem da área.



**Figura 39.** Perfil de solo do piso da trilha, salientando concentração e movimentação de óxido de ferro em 10 cm e possíveis dutos com minerais lavados na profundidade entre 90 e 120 cm. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

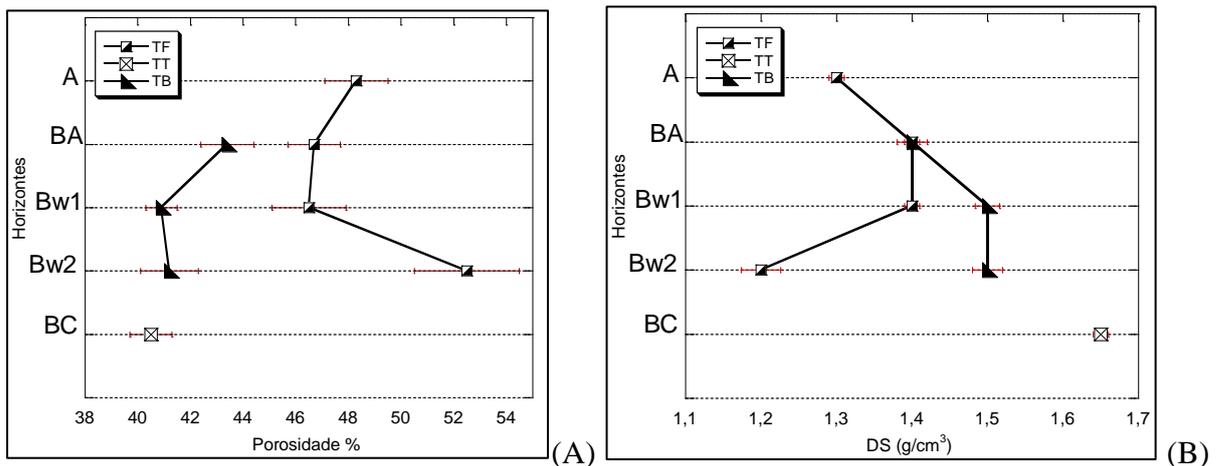
As análises físicas corroboram com os dados de macromorfologia do solo e considerando os valores de porosidade total nas trincheiras nas parcelas de erosão, tanto em superfície de 0-30 cm, quanto em subsuperfície (30-80 e 80-100 cm), os resultados foram baixos e homogêneos, em média 40,5 %, com 0,9 de desvio padrão (figura 40). Os resultados de densidade aparente apresentaram valores inversos em todas as profundidades, em torno a 1,6 g/cm<sup>3</sup>, caracterizando um ambiente compactado, uma vez que a relação da massa com o volume

<sup>14</sup> Trata-se de um processo de acumulação de minerais de argila, óxidos de ferro e alumínio e material orgânico que foram mobilizados de um horizonte a outro (BRADY e WEIL, 2013; LEPSH, 2011).

<sup>15</sup> Processo de perda de material ao longo de um perfil de solo (BRADY e WEIL, 2013; LEPSH, 2011).

que o solo ocupa em um determinado espaço se encontra próximo ao limite de um solo denso ( $2 \text{ g/cm}^3$ ). Associam-se esses valores a baixa presença de vegetação, uma vez que as raízes ajudam na reestruturação dos solos e na formação de poros. Portanto, segundo Silva (2010), a porosidade possui grande importância para o adequado funcionamento do solo, permitindo a infiltração da água em subsuperfície, o que viabiliza o abastecimento do lençol freático e fornece água para os vegetais. Como no talude de floresta próximo a este ambiente degradado (TF), que possui porosidade e densidade aparente adequados e ajudam a preservar a funcionalidade ambiental (49,3 % e  $1,3 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente e considerando a média de todos os horizontes), como o bom desempenho do ciclo hidrológico nos solos.

Quando se compara TB com TT, observa-se valores próximos de porosidade e densidade aparente, contudo, por ser borda da trilha apresentam valores mais aceitáveis para melhor dinâmica de processamento de matéria e energia pelo sistema, apresentando no seu perfil, em média, 42 % de porosidade e  $1,5 \text{ g/cm}^3$  de densidade (figura 40). Observa-se que a borda de uma trilha, como constato por Jorge (2017) e Rangel (2018), apresentam suas propriedades mais preservadas em relação ao piso da trilha, pois é uma área que não é afetada com pisoteio turístico, que pode acelerar o processo de compactação e degradação de sua estrutura e arranjo poral.



**Figura 40.** Relação da porosidade total com os horizontes dos perfis de solo e trincheira (TF, TT e TB) (A), assim como da densidade aparente (DS) (B).

Assim, se a rede porosa do solo é comprometida, como nas áreas degradadas, pode propiciar a ocorrência de erosão laminar, assim como também erosão linear (escoamento concentrando) (CANTALICE *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2014a). Portanto, uma vez que o piso da trilha se encontra exposta e as propriedades comprometidas da rede porosa, como

especificado nos dados acima, tem elevada probabilidade à erosão e interfere diretamente no processo de drenagem da água, culminando na rápida saturação do solo, devido ao baixo volume que a rede porosa apresenta para absorver o líquido proveniente das precipitações. Desse modo, pode acelerar o processo de formação do escoamento superficial, bem como aumentar a sua concentração, velocidade e força, intensificando a desagregação do solo e o transporte de suas partículas.

A classificação textural das trincheiras das parcelas de erosão, que seguiu os parâmetros da *United States Department of Agriculture* (USDA, 2019), apresenta textura franco-arenosa. Na média das profundidades de TT analisados se constata elevada taxa da fração areia (46,4 % - areia grossa; 13,4 % - areia fina), seguido de silte (29,6 %) e da argila (10,7 %) (tabela 3). Nessa perspectiva, segundo Morgan (2005) e Guerra *et al.* (2017), as frações com maior potencialidade à erosão são as frações silte e areia, sobretudo, areia fina, pois não possuem alta capacidade de agregação, o inverso da argila, que é a fração mais difícil de remoção, pois possui maior capacidade de agregação. Cantalice *et al.* (2005), ao relacionar solos de classificação franco-arenosos com as taxas de escoamento superficial e o processo de desagregação do mesmo, afirmam a maior probabilidade de incisão erosiva para essa classe textural, à medida que aumenta a concentração do fluxo de escoamento, isso devido à sua natureza física e, aliado a essa limitação, ao intenso processo de degradação, devido à retirada da cobertura vegetal, que, como também presenciado nas trilhas da sub-bacia do rio Maranduba, corrobora na diminuição das taxas de material orgânico e, portanto, na menor agregação do solo, deixando-o menos resistente aos agentes exógenos, como a erosão.

TF e TB apresentam em seus horizontes classificação textural argilosa, exceto o horizonte A de TF que se classifica argiloarenosa, contudo, nesses sistemas a concentração de argila é superior a 48,5 % (tabela 3), salientando ambiente com probabilidade de boa capacidade de troca de iônica (cátions e ânions), que favorece a agregação de solo e estabilidade dos agregados.

A matéria orgânica (M.O) se resalta como importante variável para inferir sobre a instabilidade do solo. Segundo De Ploey & Poesen (1985), solos que apresentam menos de 2 % de matéria orgânica contribuem para a baixa instabilidade de agregados. As análises químicas do solo de TT demonstraram baixos teores de matéria orgânica, em média 0,5 %.

Resultados da área de TF, próximo da estação experimental, apresentam 9,2 vezes mais material orgânico no horizonte A, o equivalente a 4,6 %, e no Bw2 (em subsuperfície) 4 vezes mais (2 %). Ao comparar com as taxas de M. O. da borda da trilha (TB), observa-se em BA 5,4

vezes maior concentração dessa substância (2,7 %). Podwojewski *et al.* (2011) salientam que as taxas de matéria orgânica influenciam no processo hidro-erosivo, uma vez que tem a capacidade de agregação, tornando-o resistente à ação da chuva. Além de estar relacionado com a ciclagem de nutrientes, o que auxilia na boa qualidade do solo.

Zhang *et al.* (2013) salientam como o transporte de matéria orgânica no solo, por meio do escoamento, pode interferir nos padrões da paisagem. O deslocamento deste material representa, portanto, uma nova redistribuição de matéria orgânica no espaço, interferindo na qualidade do solo *on site*, intensificando o processo erosivo pela perda desses nutrientes. Os rios são os principais receptores das partículas de solo provenientes da erosão, o que gera outro grave problema na paisagem devido ao efeito *off site* (VALENTIN *et al.*, 2005; KIRKELS *et al.*, 2014), podendo alterar a dinâmica fluvial devido à poluição do excesso de material orgânico diluído na água, mudando a natureza química da mesma. Logo, o material removido acima da TT para a construção da trilha apresenta perda de material orgânico equivalente a 4,1 % ao se comparar com o horizonte A de TF e uma perda de 2,2 % em detrimento à TB, sendo esta taxa redistribuída na paisagem.

As análises de pH apresentaram valores maiores em TF e TB, onde o primeiro variou em torno de 5,8 em superfície, até 5,3 em subsuperfície (105-180 cm); o segundo obteve pH 5,3 em BA (0-5 cm) e 5,3 em Bw2 (120 cm) (tabela 3), ou seja, representam solos ácidos. Contudo, aproximam-se dos valores ideais para o crescimento de vegetação (pH entre 6 e 6,5), segundo Malavolta (1979). Entretanto, TT apresenta pH mais ácido, em média 5% ao longo de sua matriz, que podem ser reflexo das elevadas taxas de escoamento da área, transportando as bases do mesmo, o que dificulta o crescimento da vegetação.

Do Vale *et al.* (1996), Fullen e Catt (2004) e Vezzani & Mielniczuk (2011) ressaltam outro agravante da acidificação dos solos, que está relacionado à baixa capacidade de troca iônica entre as raízes com o solo, desestabilizando o fluxo de matéria e energia no sistema. Os autores também ponderam que solos com pH baixo interferem na fragilidade dos agregados, mesmo em solos argilosos, corroborando com a baixa permeabilidade e aeração, o que pode culminar na maior probabilidade à ocorrência do escoamento e intensificar os problemas com a erosão acelerada. Semelhante às características do solo da presente pesquisa que possui 10,7 % de argila e sofre com problema de erosão.

**Tabela 3.** Classificação das propriedades físico-químicas do perfil de solo dos taludes e do piso da trilha.

Ambiente	Horizonte	Profundidade (cm)	Argilominerais	pH*	M.O.		A.G.		A.F.		Silte		Argila		Relação Silte/Argila	Classificação Textural				
				H <sub>2</sub> O	%															
				Média	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.			Média	D.P.		
Talude - Floresta (TF)	A	0-10	Caulinita; Gibsita	5,8	4,6	0,1	35,8	0,8	9,9	1,2	17,8	3,1	36,5	3,7	0,5	Argiloarenosa				
	BA	010-38		5,5	3,1	0,1	32,8	2,6	9,1	1,9	11,2	2,7	46,9	2,4	0,2	Argilosa				
	Bw1	38-55		5,5	2,5	0,0	32,7	0,6	6,6	0,2	10,0	1,0	50,7	1,4	0,2					
	Bw2	55-105		5,4	2,0	0,0	30,8	1,4	8,2	1,7	7,0	1,2	54,0	0,9	0,1					
		105-180		5,3	0,9	0,1	32,2	2,1	7,8	1,8	4,4	2,4	54,4	0,2	0,1					
Trincheira - Trilha (TT)	BC	0-30	Caulinita; Gibsita; Goethita; Ilita	4,9	0,5	0,1	46,2	2,4	11,8	0,4	31,5	1,6	10,5	3,4	3,0	Francoarenosa				
		30-80		5,1	0,5	0,0	45,4	1,3	13,8	1,3	30,3	2,0	10,5	1,3	2,9					
		80-100		5,1	0,4	0,1	47,6	1,7	14,5	0,5	26,9	1,6	11,1	0,2	2,4					
Talude - Borda da trilha (TB)	BA	0-5	-	5,5	2,7	0,3	27,7	2,3	7,8	1,5	12,5	2,1	52,0	2,8	0,2	Argilosa				
	Bw1	005-15		5,4	1,7	0,1	25,7	3,0	7,3	1,7	12,8	4,5	54,2	4,2	0,2					
	Bw2	15-45		5,4	1,4	0,1	24,1	1,3	6,6	0,9	8,1	0,7	61,2	1,1	0,1					
		45-90		5,3	0,9	0,1	24,7	2,4	9,3	1,3	7,4	0,7	58,6	1,7	0,1					
		90-120		5,3	1,2	0,3	28,2	0,9	7,3	0,6	7,9	0,3	56,6	1,0	0,1					

\*Insignificância de desvio padrão.

\*\*Os valores das propriedades físico-químicas das três parcelas de erosão (TT) se mostraram estatisticamente semelhantes e foram caracterizados na tabela as médias das três parcelas.

Logo, levando em consideração a classificação textural, ambos os ambientes demonstram maior suscetibilidade aos processos erosivos. Contudo, devido à área de floresta ser um ambiente que favorece o acúmulo de matéria orgânica, corrobora para a estabilidade dos agregados (PODWOJEWSKI *et al.*, 2011; VEZZANI e MIELNICZUK, 2011). Assim, esta área sofre com menor intensidade a ação dos processos erosivos, com a presença de fina camada de serapilheira e horizonte A. Situação oposta foi encontrada na trilha, pois sofreu com a ação de degradação causada pelo ser humano, deixando o solo exposto às ações diretas dos agentes modeladores do relevo, além da retirada do horizonte A, expondo o horizonte BC, este com menor presença de M.O. e maior acúmulo de óxidos de ferro, apresentando a cor avermelhada.

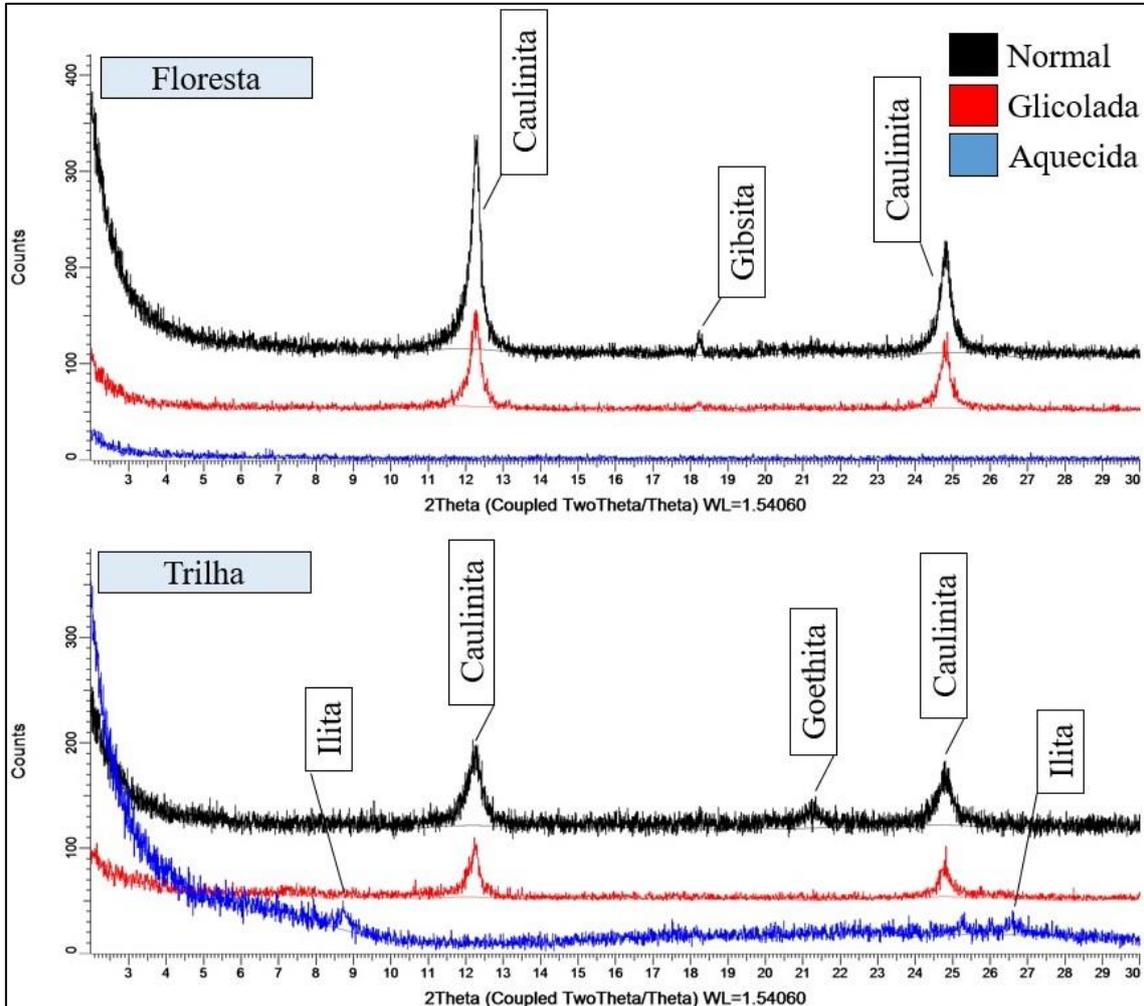
Deste modo, a análise dos minerais de argila presentes no solo se faz necessário, principalmente em ambiente sem cobertura vegetal, pois a perda da M.O. pode representar maior fragilidade frente à erosão. Como os perfis de solo da área apresentam elevada concentração de argila (48,5 % em TF; 56,5 % em TB e 10,7 em TT), seu comportamento é de grande relevância para o entendimento da interação do solo com o ambiente. Desde modo, a caracterização dos argilominerais respalda a importância das análises de DRX na presente pesquisa.

Nos estudos de erosão, o conhecimento dos argilominerais e suas características são importantes para determinar a suscetibilidade à erosão, juntamente com outros fatores controladores. O tipo de argilomineral, juntamente com M.O., influencia na estabilidade dos agregados em contato com a água, o que lhe confere maior, ou menor, erodibilidade, haja vista que esta característica física do solo é fundamental para proporcionar maior porosidade, capacidade de infiltração e resistência ao efeito *splash*, dificultando a ruptura dos agregados, formação de crosta e escoamento superficial (BRADY, 1989; MORGAN, 2005; GUERRA, 2013; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014).

Neste sentido, ao analisar os difratogramas das amostras de floresta e trilha, observa-se o predomínio da caulinita, argilomineral 1:1. Este argilomineral possui picos, referentes às distâncias interplares basais d001 e d002, bem definidos nas amostras normais, isto é, sem tratamentos químicos, e as glicoladas, tratamento com etileno glicol, de respectivamente 7,22 e 3,58 Angstroms, e sua estrutura cristalina não aparece na amostra aquecida em forno mufla a 550° C, indicando sua destruição (figura 41).

No difratograma da amostra de floresta foi identificada a presença de gibbsita nas amostras normal e glicolada, mineral composto por hidróxido de alumínio, indicando mineralogia mais evoluida. Seus picos possuem baixa intensidade e apresentam 4,87 Angstroms.

Já no difratograma da amostra de trilha foram encontrados traços de illita na lâmina aquecida, argilomineral 2:1, nos picos de 10,14 (d001) e 3,35 (d003) Angstroms. Assim como, notou-se a presença de goethita, composta por óxido de ferro hidratado, na lâmina normal, sem tratamento químico, com pico de 4,17 Angstroms.



**Figura 41.** Difratogramas dos distintos ambientes analisados por DRX, o primeiro representa área de floresta e o segundo de trilha.

Por se tratar de um Latossolo, solos profundos, bem evoluídos, ácidos e pobres em cátions, a predominância de caulinita e ocorrência de óxido de ferro e hidróxido de alumínio indicam elevado grau de intemperismo (EMBRAPA, 2006; JACINTHO *et al.*, 2006). Especialmente devido às características climáticas da área, pois propicia acelerado intemperismo químico, o que provoca a decomposição dos materiais primários, formando minerais secundários, como argilominerais (1:1), óxidos de ferro e alumínio, sendo perdidas as bases trocáveis (especialmente, Ca, Mg, K e Na), através da lixiviação.

A ocorrência de traços de illita na amostra de trilha, está ligada ao fato da coleta ter sido realizada no horizonte C do Latossolo, onde, apesar do avançado grau de intemperismo e lixiviação, é possível encontrar, em baixas quantidades, argilominerais do tipo 2:1 mais resistentes ao intemperismo, sobretudo, em áreas cujo material de origem propiciam sua maior oferta (EMBRAPA, 2006). Devido ao fato de sua fórmula química apresentar maior concentração de água, a illita é considerada um argilomineral com suscetibilidade à erosão (MORGAN, 2005; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014), o que, associado a outros fatores controladores, como a falta de cobertura vegetal, uso acima da capacidade de suporte da trilha e erosividade da chuva, pode desencadear na aceleração de processos erosivos.

A partir do conhecimento das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos distintos ambientes (TF, TB e TT) na qual se situa a trilha, observa-se que o piso da mesma possui baixa capacidade de dissipação de energia e matéria, favorecendo em maior concentração de fluxos para os sistemas seguintes. Tal desequilíbrio é notável pelo nível de degradação na qual TT se encontra e sua dinâmica hidrológica deve estar desestabilizando a harmonia da geodinâmica dos elementos e atributos da encosta, como comprovado nos próximos capítulos.

## **CAPÍTULO 5: MONITORAMENTO HIDROEROSIVO E FORMAÇÃO DE CROSTA EM UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL EM AMBIENTE DE TRILHA**

### **Dinâmica hidrológica**

Observa-se que ao longo da largura da trilha a variabilidade do potencial pressão negativo apresenta pouca distinção, mesmo em profundidades semelhantes. Comparando o potencial matricial da água no solo de 15 cm entre as parcelas de erosão, que se encontram distribuídas na largura do piso da trilha, observa-se linearidade nos fluxos de entrada e saída da água e menor variação dos potenciais, em detrimento as demais profundidades, salientando um solo úmido e próximo à saturação por períodos mais prolongados (figura 42). As profundidades mais superficiais demonstram pouca capacidade de dissipação de energia e matéria, devido ao corte de encosta para a formação da trilha, modificando a morfologia original do relevo e alterando sua dinâmica hidrológica. Os dados de porosidade também atestam a característica dessa camada mais superficial em apresentar menor sucção já que apresentou maior densidade do que os taludes.

Analisando a profundidade de 30 cm, constata-se maior variação do potencial negativo nas parcelas, salientando boa drenagem da água (figura 42). Apesar de valores semelhantes entre as parcelas, observa-se em P.C maior dinâmica de saída da água do sistema na mesma profundidade, uma vez que, em um período de três dias após a saturação<sup>16</sup> do sistema (8 de agosto até 11 de agosto), P.C apresentou índice de -238 kPa e P.B. -150 kPa, dinâmica semelhante nos demais períodos de saturação.

O tempo de drenagem mais prolongada em P.B. (30 cm) se associa ao volume de escoamento mais elevado em todos os períodos de saturação analisados, em detrimento à P.C., pois estão relacionados em um contexto complexo da encosta, estando posicionadas na trilha em pontos diferentes e, desse modo, apresentando comportamentos distintos, devido às influências hidrológicas das quais estão submetidas. Nesta perspectiva, P.A. e P.B. se encontram mais próximas do talude, recebendo, com maior intensidade, o volume da carga hidrológica do mesmo. Outro indicativo que diferencia a dinâmica de 30 cm nas parcelas é o fato de P.C. estar espacialmente mais próxima a borda da trilha, que, segundo Jorge (2017), são áreas que se encontram menos degradadas, em comparação ao interior do piso da trilha, que sofre, com maior intensidade, com compactação, devido ao pisoteio da atividade turística.

---

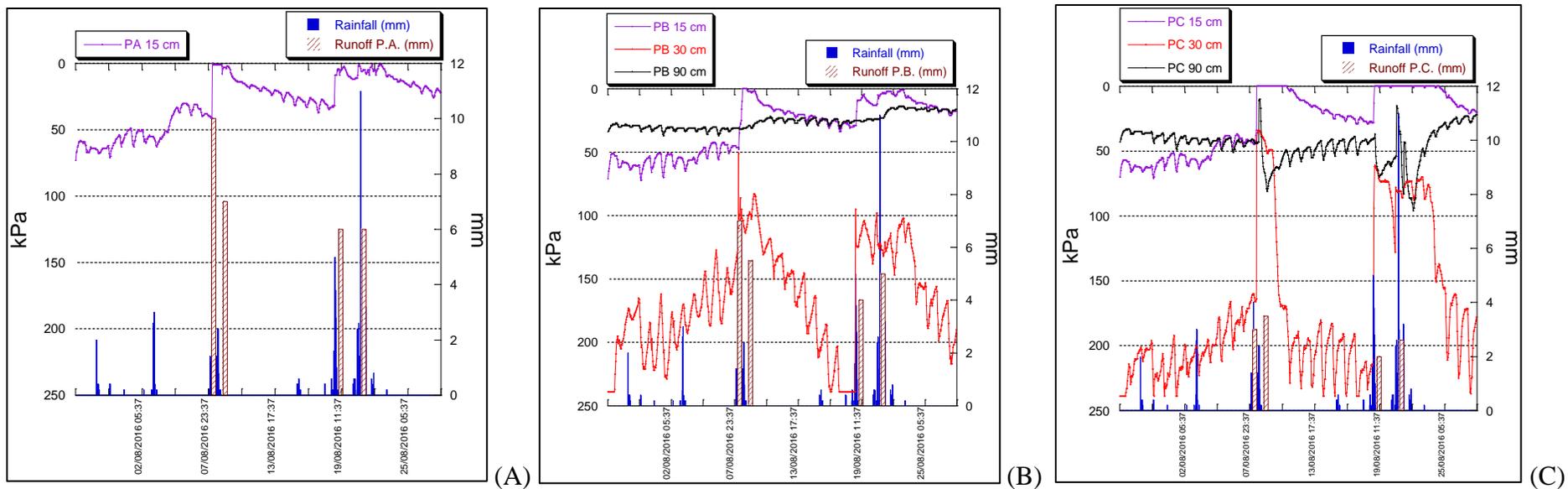
<sup>16</sup> A saturação do solo se compreende no momento em que ocorre o processo de formação de escoamento, ou seja, quando os vazios do solo se encontram preenchidos (saturados) e ocorre a formação do escoamento lateral.

Em 90 cm a movimentação da água é mais linear, com pouca variabilidade do potencial matricial. Segundo Bertolino *et al.* (2010) e Pereira e Rodrigues (2013), a profundidade de 90 cm apresenta menor sucção do solo, pois trata-se da zona de recarga do sistema, ou seja, as áreas que armazenam a água por períodos mais prolongados e abastecem os lençóis freáticos.

Analisando o escoamento superficial no período monitorado (27 de julho até 28 de agosto de 2016), observa-se quatro dias de ocorrência de formação de escoamento, estando associados com solos próximos à saturação em superfície. As parcelas apresentaram acumulado de escoamento diferenciadas em todos os dias de ocorrência de escoamento. A parcela A no dia 07 de agosto obteve escoamento de 10 mm, com acumulado de chuva diário de 22,6 mm (figura 42). Em contrapartida, a parcela B obteve escoamento de 7 mm e a parcela C de 3 mm, seguindo esse mesmo padrão nos demais dias de escoamento. A parcela A deve estar recebendo, com maior intensidade, a carga hidrológica do talude, já que está mais próxima e, essa influência, vai diminuindo à medida que ocorre o distanciamento do talude, culminando na menor formação de escoamento na extremidade da trilha (P.C.), em detrimento às parcelas P.A. e P.B.

O piso da trilha, portanto, apresenta diferença na sua dinâmica hidrológica ao longo de sua largura em todas as profundidades e demonstra baixa capacidade de sucção do solo em 15 cm, que apresenta maior densidade ( $1,7 \text{ g/cm}^3$ ), em detrimento à 30 cm com  $1,6 \text{ g/cm}^3$ . Esses resultados reforçam a baixa capacidade de processamento de energia e matéria do solo com a exposição da camada BC, devido à retirada dos horizontes que possuem maior porosidade e atividade da biota edáfica, como constatado em TF, perfil com maior qualidade e resistência estrutural.

Os parâmetros dos índices pluviométricos demonstram, entretanto, curtos períodos de estiagens, prejudicando a drenagem de ambientes degradados, ou seja, os sistemas se encontram com sua capacidade de processamento de água comprometida devido à umidade antecedente, influenciando a rápida saturação do solo mesmo com menores volumes de chuvas.



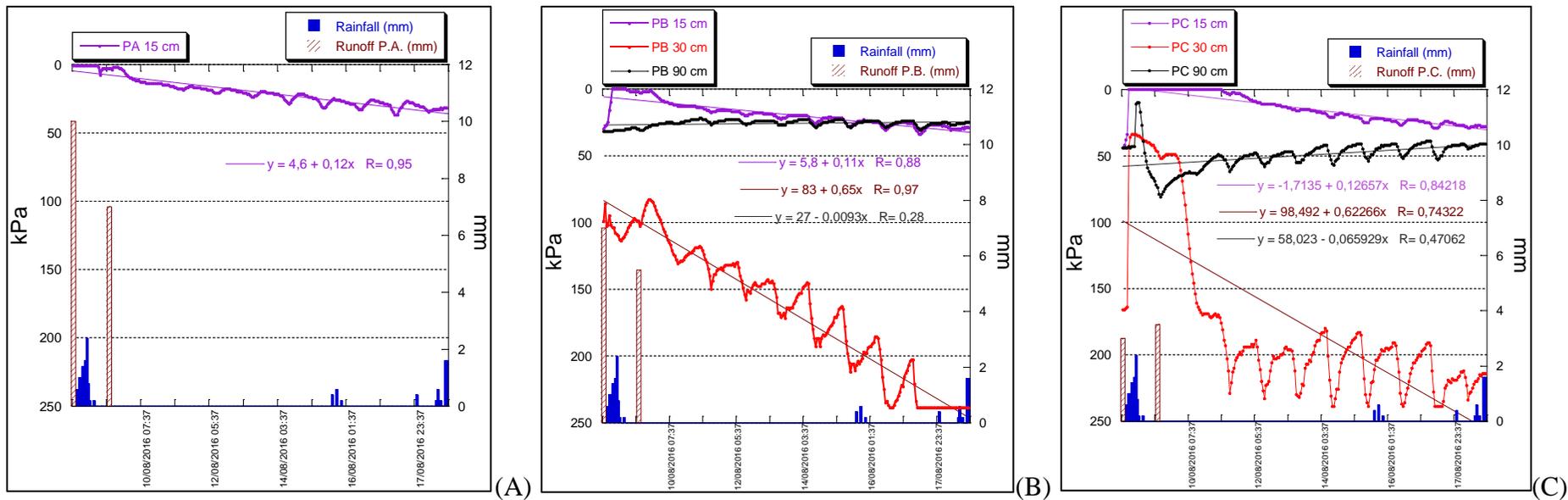
**Figura 42.** Potenciais matriciais da água no solo em P.A. (A), P.B. (B) e P.C. (C) e por profundidade (15, 30 e 90 cm), associados com a chuva e o escoamento superficial.

Ao se analisar em detalhe o tempo de drenagem do solo, ou seja, a relação de saída de água temporalmente, observa-se que, após a formação de escoamento superficial em um período de saturação, 15 cm continua drenando, mesmo que lentamente, para 30 cm e este, com maior variabilidade potencial, para 90 cm. Esta profundidade, entretanto, demonstra menor sucção e proximidade à saturação ao longo do período de estiagem. Esse padrão se observa em todas as profundidades e nas três parcelas, exceto em 90 cm da P.C.

Nota-se que 90 cm de P.C. tem tempo de recarga semelhante à 30 cm, ou seja, o sistema se abastece nessas profundidades com o mesmo índice de sucção do solo (-48 kPa), em detrimento de P.B., que, após a saturação de 15 cm, a umidade de 30 cm é -27 kPa e 90 cm -100 kPa. Nessa perspectiva, observa-se em 90 cm na P.C. maior variabilidade dos potenciais, em detrimento à P.B., e, ao longo do período de estiagem, o solo tende ao aumento da umidade. Logo, esta área recebe mais carga hidrológica do que a saída da mesma. Observando graficamente os dados, 30 cm de P.B. tem boa drenagem da água devido à verticalização de sua reta e o processamento dessa matéria para 90 cm ocorre ao longo dos dez dias do período de estiagem (8/08/2016-18/08/2016). Contudo, 30 cm de P.C. em três dias drena a água para 90 cm e, esta profundidade, apesar de maior variabilidade em detrimento à P.B., tende à saturação (de -78 kPa em 09/08, para -45 kPa em 18/08) (figura 43 A, B e C).

Os índices de saturação prolongada em superfície se explicam pelo adensamento do solo, apesar de ser classificado como franco arenoso, onde a quebra de sua estrutura favorece que as partículas de silte e argila ocupem os espaços porosos, diminuindo a capacidade de sucção e dissipação de energia. O tempo de recarga de 15 cm para 30 cm é lento devido à água se concentrar em 15 cm e logo escoar sobre sua superfície. Em P.C., a reta inclinada de 90 cm para a saturação do solo pode estar relacionada com o processo de exfiltração de TB, talude ao lado da parcela, que demonstrou a presença de dutos e minerais lavados em seu interior, bem como a ocorrência de óxidos de ferro. Justamente na profundidade entre 90 e 120 cm em TB (horizonte Bw2) que se observa tal processo de saída de água do sistema (figura 38 C e 39 – págs. 99 e 100).

A condição de umidade prolongada dos solos degradados desses ambientes de trilha, pode interferir na maior perda de sedimentos uma vez que interfere na coesão entre as partículas de solo, principalmente, além de ser responsável pela incisão erosiva por meio do maior fluxo concentrado de escoamento superficial, dependendo da inclinação do terreno.



**Figura 43.** Tempo de drenagem após a saturação do solo em P.A. (A), P.B. (B) e P.C. (C).

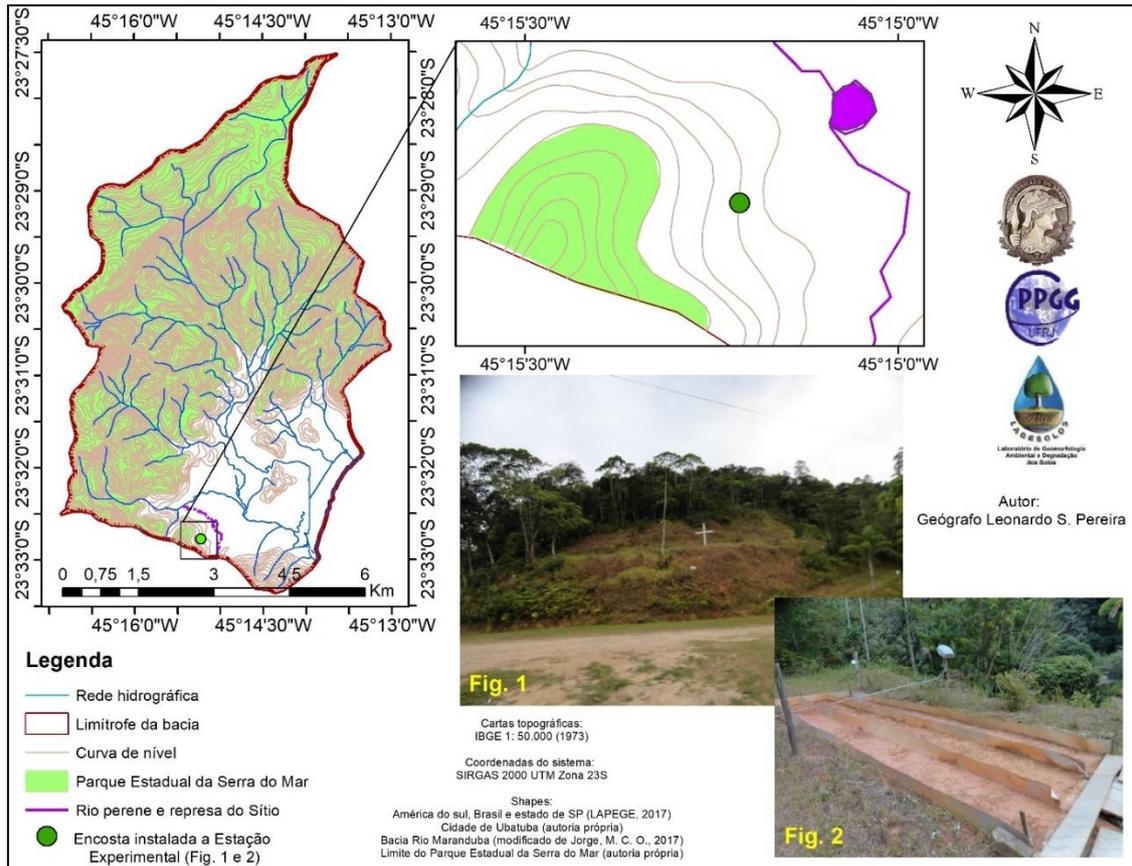
Além das características físicas, químicas e estruturais do piso da trilha, que favorecem o processo de umidade prolongada, é importante se analisar o contexto morfológico da encosta na qual se situa a trilha.

Por meio da análise das curvas de níveis que remontam a morfologia original do relevo, observa-se convergência da encosta na posição que se instalou a estação experimental (figura 44). Essa convergência pode ser responsável por uma maior convergência de fluxos, influenciando em maior entrada de matéria e energia nos sistemas de trilha. A floresta que se situa o TF pode favorecer a drenagem da água em subsuperfície, influenciada pela boa estrutura do solo, porosidade, presença de vegetação e biota edáfica.

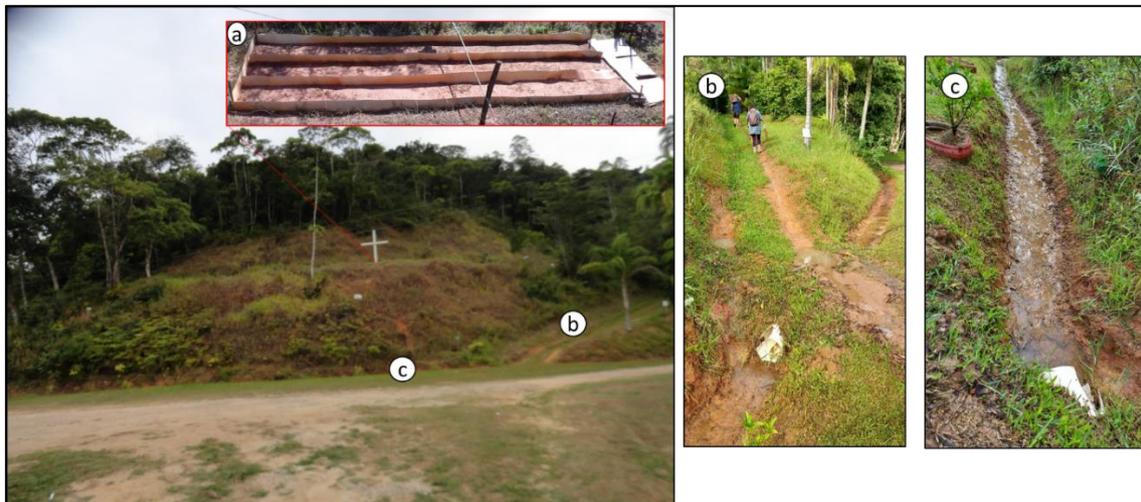
Destaca-se, nessa perspectiva, que a análise hidrológica em parcelas de erosão não se trata de um método de aquisição de dados ambientais que remete as características de um sistema fechado. A dinâmica hidrológica analisada nas parcelas estabelece relações com seu meio envolvente, ou seja, de modo sistêmico com o talude da encosta, visto que as parcelas estão limitadas para se analisar somente a dinâmica superficial. Os sensores de umidade do solo estão a profundidades de até 90 cm, abaixo dos limites das placas galvanizadas. A carga hidrológica do talude (TF) influencia, portanto, a geodinâmica da estação experimental.

Perturbações do equilíbrio da geodinâmica dos elementos naturais, devido à atividade turística e ao avanço urbano-industrial sem planejamento adequado, pode inviabilizar o abastecimento de fundos de vales e aumentar os processos hidroerosivos das encostas, tendo como agravante a elevada erosividade da chuva natural do município (PEREIRA, 2015).

Salienta-se na figura 45 a presença de um canal que perpassa ao longo da borda do sopé da encosta que está situada a trilha. Essas características podem ser mais um parâmetro que indicam o volume de água dessa área e que está afetando diretamente as taxas de umidade prolongadas do solo, principalmente em subsuperfície.



**Figura 44.** Visão geral da encosta, salientando convergência de fluxo na trilha por meio das curvas de nível. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2017).



**Figura 45.** Visão geral da encosta onde se situam as parcelas de erosão (a), salientando a convergência de fluxo de escoamento no piso da trilha do sítio Recanto da Paz (b) e um córrego perene canalizado no contorno do sopé da encosta (c). Fotos: Leonardo S. Pereira (2017).

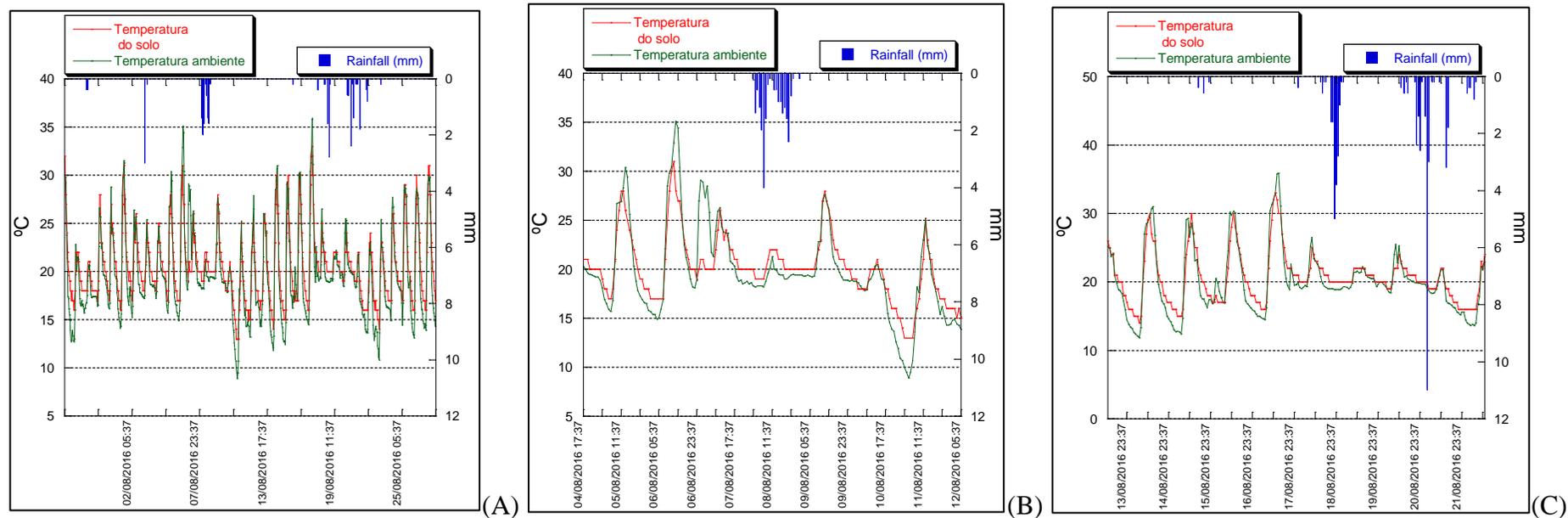
Segundo Pereira (2015), ao se analisar 10 períodos de estiagem inferior a 15 dias em superfície, constatou-se maior inclinação da reta, em detrimento aos dados da tese. A diferença dos resultados se dá por dois motivos: os primeiros dados, apesar de estarem nas mesmas condições climáticas e posição da encosta, foram adquiridos por meio da técnica de tensiometria (sensibilidade de até -100 kPa) e uma vez ao dia; enquanto que na tese foram substituídos por sensores de matriz granular (sensibilidade de até -250 kPa) e aferição a cada hora. Apesar dos tensiômetros possuírem menor tempo de resposta de movimentação da umidade do solo em relação aos sensores, o primeiro tinha um período de aferição de 24 horas e se perdiam informações da efetiva drenagem da água. Já com um monitoramento a cada hora, observa-se, em nível de detalhe, o período de drenagem da água para zonas inferiores.

Nessa perspectiva, como os resultados em 15 cm de Pereira (2015) indicavam maior tensão em 15 cm e 30 cm permanecia saturado por um período maior, indagou-se a saída da água do sistema por meio da evaporação.

Assim, os resultados de correlação de Pearson entre a temperatura do solo e ambiente apresentou  $r^2$  igual a 0,94, demonstrando alto grau de relação entre ambos resultados (figura 46 A, B e C). Observa-se que a temperatura ambiente aumenta, influenciada pela energia da radiação solar, e a do solo segue o mesmo padrão, apresentando, em determinados momentos, índices mais elevados do que a temperatura ambiente.

O solo desnudo e sem a presença da cobertura vegetal, está exposto a radiação direta, enquanto que na floresta, como TF, o sombreamento e a camada de serapilheira mantem o balanço térmico que tende a parâmetros homogêneos e favorece a atividade da biota edáfica, mantendo uma variação térmica menor entre 20 °, que favorece, principalmente em ambientes tropicais, a atividade de micro e macrorganismos (ONWUKA, 2018).

A amplitude térmica no piso da trilha, desse modo, se distancia dos parâmetros de uma cobertura pedológica com vegetação. Os níveis de máxima e mínima chegam a alcançar uma amplitude de 34 °C (máxima de 47° registrada em 13/09/2016 – entre 11:30 e 12:30 da tarde; mínima de 13° registrada em 11/08/2016 – entre 2:30 e 6:30 da manhã). Salienta-se com os dados de chuva a relação estabelecida com a temperatura do solo para equilibrar sua energia, uma vez que a temperatura do sistema se mantem à 20°, em média, após os eventos de precipitação (figura 46 B e C).



**Figura 46.** Variabilidade da temperatura do solo em relação à temperatura ambiente e à chuva entre julho e agosto de 2016 (A), salientando períodos entre 04 e 12 de agosto (B) e 13 e 21 de agosto (C).

Segundo Menzies *et al.* (2013), com a desnaturação do ácido orgânico a uma temperatura entre 25° e -39° o pH do solo aumenta. Ou seja, acidez do solo é influenciada também pela temperatura do mesmo, o que explica o piso da trilha apresentar pH 4,9 em detrimento à 5,8 de TF.

Observa-se que a baixa atividade de microrganismos no solo, desse modo, pois a maioria dos microrganismos presentes no sistema necessitam de temperaturas entre 10° e -35,6° para suas atividades. A dinâmica microbiana no solo diminui com a baixa temperatura e no ponto de congelamento a maioria das atividades cessam (ALLISON, 2005; DAVIDSON e JANSSENS 2006).

Em relação à dinâmica dos macrorganismos do solo, os mesmos possuem maior sensibilidade térmica, pois a atividade metabólica no solo aumenta, exigindo que os mesmos aumentem o consumo calórico, ou queimem suas reservas de gordura. Desse modo, suas atividades no solo se desempenham a uma temperatura entre 10° e -24°, enquanto que altas temperaturas do solo (58°) culminam na morte desses organismos (BRISTOW, 1998; CONANT *et al.*, 2008).

A estrutura do solo e os agregados também são degradados quando submetidos a elevadas temperaturas no solo e sua resistência frente aos agentes erosivos do relevo diminui, corroborando em perdas e redistribuição das partículas de solo na paisagem (AROCENA *et al.*, 2003; ASSAF *et al.*, 2004; PARDINI *et al.*, 2004). Fox *et al.* (2007) e Terefe *et al.* (2008) salientam que a temperatura do solo acima de 30° diminui a estabilidade dos agregados.

A temperatura do solo, definida como uma função da energia interna do mesmo, também é influenciada pela temperatura atmosférica, salientando que a transferência de calor no solo e o calor latente trocas na superfície são as principais causas de variações na temperatura do solo, ponderando-se, assim, que a principal fonte de variação da temperatura do solo é devido à incidência da radiação solar. (GHALI, 2003; ELIAS *et al.*, 2004; ZHAO *et al.*, 2007; NWANKWO *et al.*, 2012).

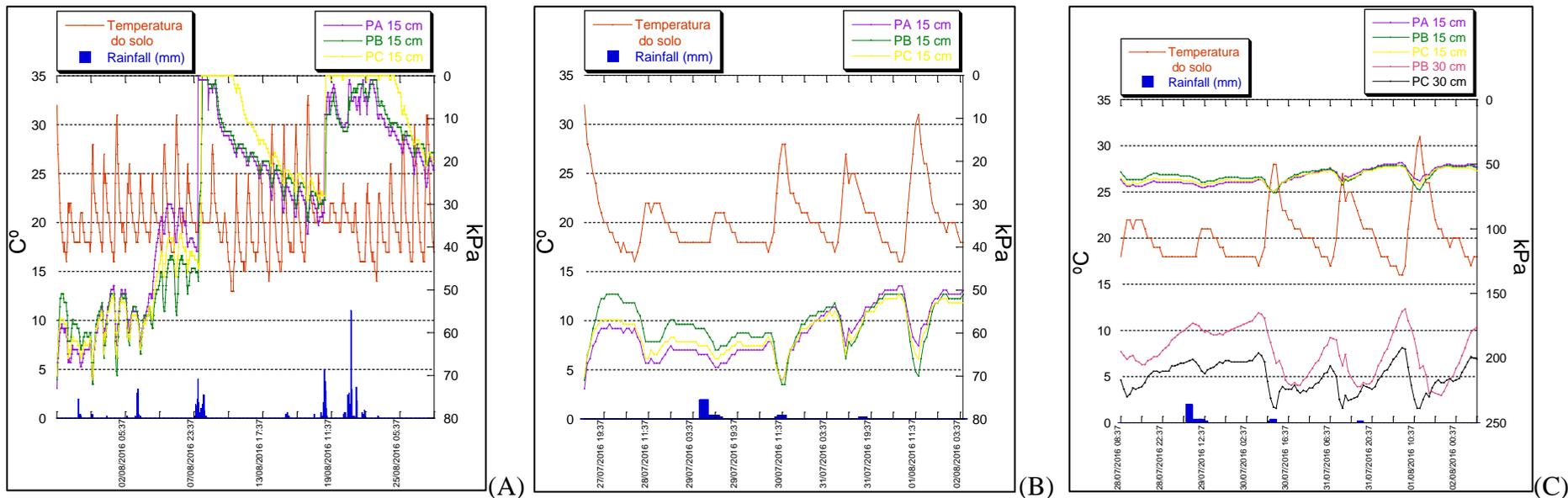
Segundo Chiemeka (2010), a temperatura do solo varia sazonalmente e diariamente, o que pode resultar em alterações na energia radiante e mudanças de energia que ocorrem através da superfície do solo. E, segundo os dados adquiridos da pesquisa (figura 47), observa-se a variação da temperatura do solo a cada hora, com influências nas taxas de umidade do mesmo.

A ausência de elementos fundamentais em um solo degradado diminui a capacidade desse sistema de processar matéria e energia em sua matriz, e o que se constata é a relação da

radiação solar no processamento de saída da água em 15 cm no piso da trilha por meio da evaporação (figura 47 A e B).

No período que diminui a incidência de radiação solar sobre a superfície do solo, ocorre o resfriamento do sistema, ao passo que a temperatura ambiente diminui, e o mesmo padrão de correlação é estabelecido ao passo que se intensifica a energia sobre essa superfície ao longo do dia. As temperaturas mais elevadas do solo e ambiente estão associadas ao período de maior incidência de radiação (12:00 h).

Portanto, observa-se que 15 cm perde água por meio da evaporação e pela drenagem para zonas subsuperficiais (30 cm) ao longo do dia (de maior incidência de radiação solar e temperatura ambiente), sendo o inverso à noite. Nessa perspectiva, visto que a umidade do solo se movimenta da zona úmida para seca, constata-se que a água sai da superfície do piso da trilha para 30 cm, por este apresentar maior sucção (solo mais seco), e para a atmosfera por meio da mudança física do estado da água, já que o solo perdeu sua capacidade de sucção e de reter água na superfície.

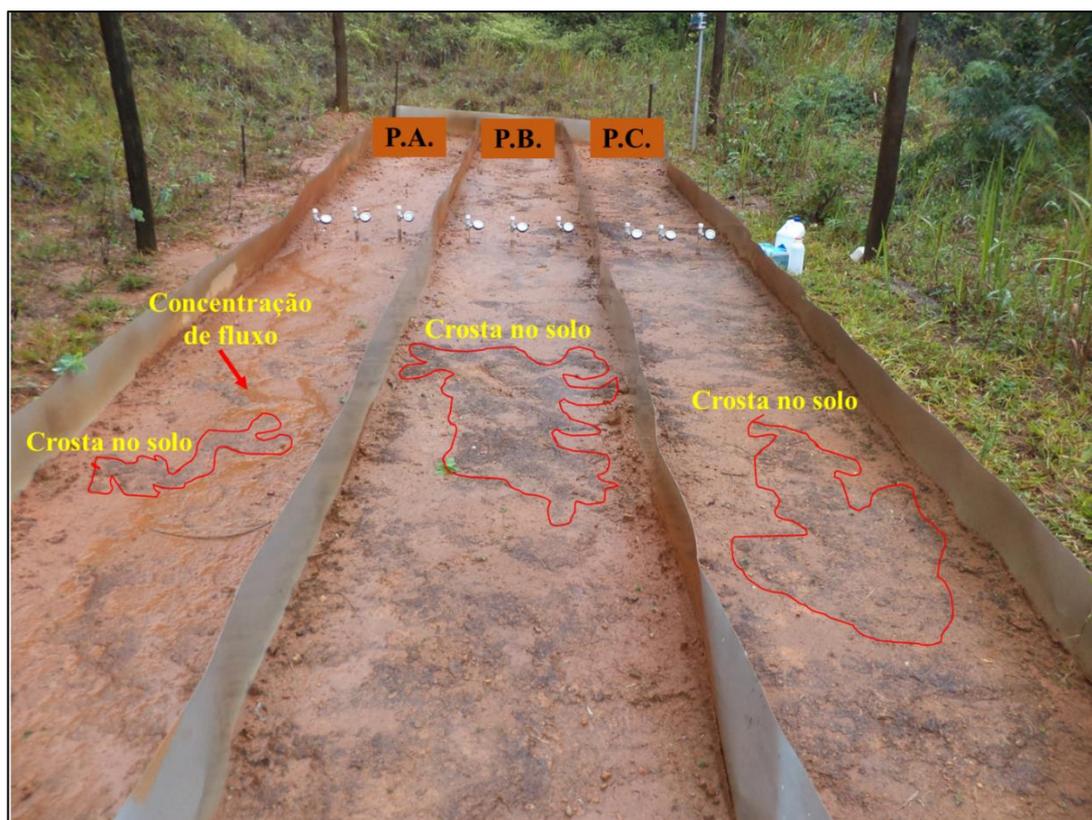


**Figura 47.** Relação da temperatura do solo com a umidade do piso da trilha em 15 cm nas três parcelas (P.A., P.B. e P.C.) (A), salientando o período entre 01 de agosto e 30 de julho de 2016 (B) e a relação da profundidade de 30 cm com de 15 cm.

### Escoamento superficial: perda de solo e água

A fim de diagnosticar e entender a problemática referente aos processos hidroerosivos, o estudo visa quantificar a perda total de solo e água por escoamento superficial em condições de precipitação natural. Foram 53 meses de monitoramento do escoamento superficial analisados que se iniciou em agosto de 2013 e se estendeu até dezembro de 2017, totalizando quatro anos e cinco meses de monitoramento. Desse modo, o total de chuva do acumulado desse período foi de 7.979,7 mm, sendo que 4.421,0 mm foi escoado superficialmente, ou seja, 55,4 % da precipitação não foi absorvida pelo sistema, ao considerar o somatório de escoamento de todas as parcelas.

Analisando os padrões de escoamento nas parcelas, observa-se diferenciação de concentração e fluxo na superfície do piso da trilha. Enquanto que P.A. apresenta fluxo concentrado por meio de caminhos preferenciais da água devido a incisões erosivas, P.B. e P.C. demonstram fluxos lineares e poucas convergências. Outro parâmetro que deve ser considerado é a abrangência espacial da formação de crosta no solo, que se concentra nas parcelas P e C. (figura 48).



**Figura 48.** Padrões espaciais de encrostamento do topo do solo nas parcelas de erosão. Foto: Leonardo S. Pereira (2014).

Constata-se, também, porções de solo testemunho no piso da trilha em todas as parcelas, que resistiram ao processo de erosão, indicando o rebaixamento do solo (figura 49). Os resultados salientam que, apesar da pouca declividade do terreno (4°), o solo deixa de absorver a carga de matéria e energia que recebe e o sistema vai se degradando, perdendo a sua capacidade de dissipação de energia e processamento da matéria. Assim, este ambiente está escoando para outras espacialidades, culminando no transporte de partículas de solo e nutrientes.



**Figura 49.** Areia residual e microtopografia do topo do solo das parcelas de erosão, com solo testemunho de 3 cm de altura. Fotos: Leonardo S. Pereira (2016).

Portanto, a ocorrência do predomínio da erosão laminar, com escoamento difuso e ocorrência de microincisões erosivas, salientando o início da atuação de fluxos concentrados na superfície do solo, reforçando a problemática do uso e manejo inadequado, pela atividade turística. A problemática dos processos de perda de solo interfere em outras espacialidades e afeta a qualidade de recursos naturais importantes para a sobrevivência dos seres vivos, como, por exemplo, a poluição de rios pelo acúmulo de material de partículas de solo, ou matéria orgânica, estes que podem ser carregados pelo escoamento provenientes das encostas (MORGAN, 2005; GUERRA *et al.*, 2017 e GUERRA *et al.*, 2018).

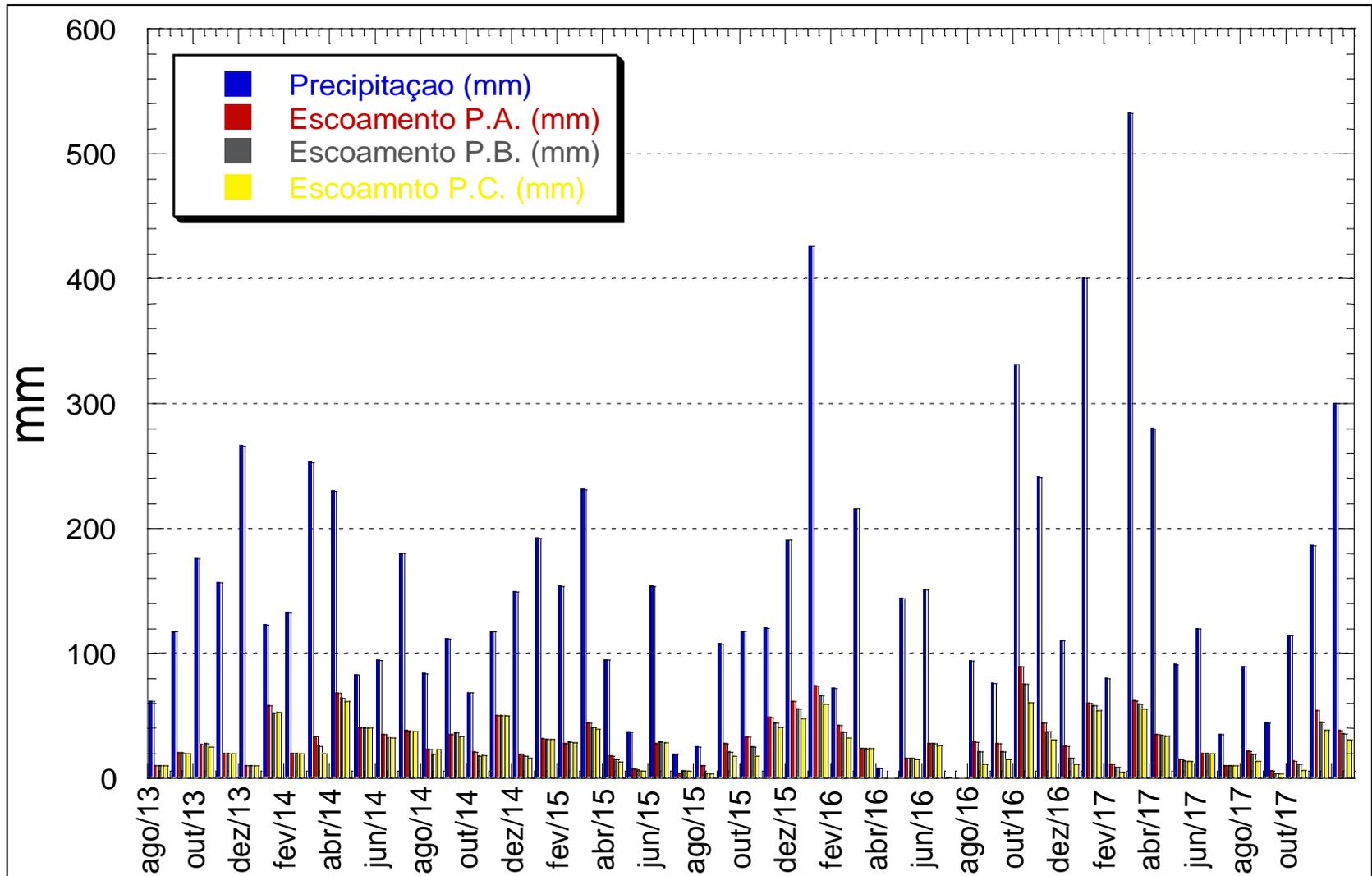
A ocorrência de gibbsita tanto em TF, quanto em TT, é um dos elementos que influenciam no processo de infiltração e capacidade de drenagem de um terreno, fator que pode estar influenciando a permeabilidade dos horizontes e, conseqüentemente, nos fluxos mais volumosos de escoamento. Silva *et al.* (2016) relacionou a desestabilização do talude de uma encosta da serra do Mar com a presença de gibbsita, no terço superior da encosta, visto que a

ocorrência desse argilomineral influenciou à diminuição da permeabilidade do sistema analisado (DA SILVA *et al.*, 2016).

Valentin *et al.* (2005) salientam que a erosão por voçoroca é a principal fonte de produção de sedimentos na bacia hidrográfica, mas não se pode desprezar outros ambientes degradados, devido a sua baixa declividade, como o da presente pesquisa, pois somados com outros ambientes de características semelhantes, essas áreas degradadas ganham dimensões espaciais significativas.

Os padrões distintos de escoamento superficial observados se refletem nos totais de escoamento mensal de cada parcela de erosão. A maior incisão erosiva em P.A. está associada com o maior volume de escoamento, na média de todos os meses analisados, sendo responsável por 36,5 % (1.614,7 mm no total) da perda de água na trilha, seguido de P.B. (33,2 %, equivalente a 1.466,9 mm) e de P.C. (30,3 %, que representa 1.339,4 mm) (figura 50). Logo, ao passo que o piso da trilha se distancia de TF, considerando a sua largura, diminui a carga hidrológica, constatando, portanto, relação entre o talude superior com os fluxos de escoamento.

A média do total de volume do escoamento entre as parcelas variou em torno de 22,3 % durante o período monitorado (agosto de 2013 até dezembro de 2017), contudo, constatou-se meses em que o total de escoamento superficial chegou próximo de 50 % do que choveu (figura 50), devido à condição de saturação do solo, que se relaciona com o processo de umidade antecedente de solos degradados do município (PEREIRA *et al.*, 2016).



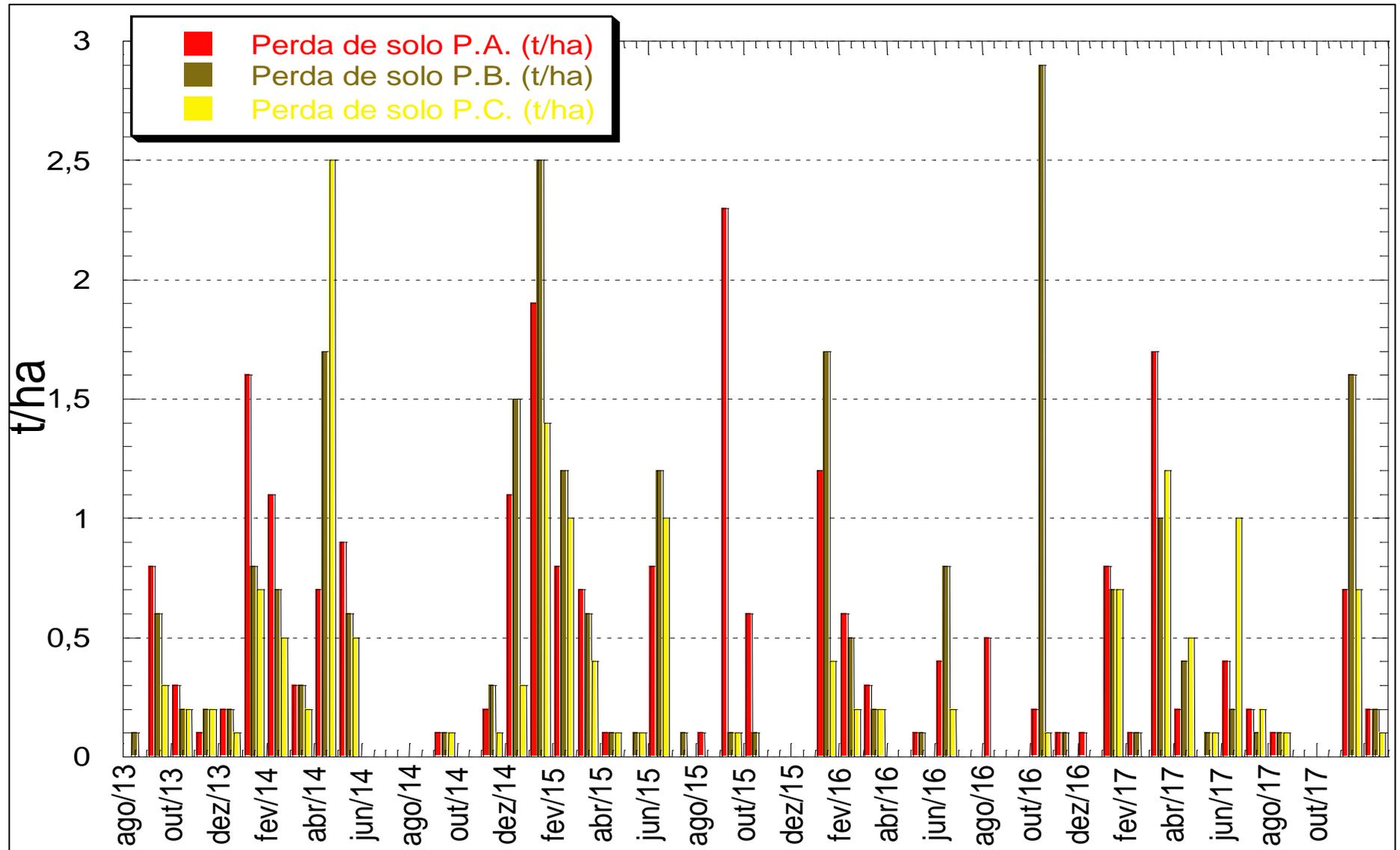
**Figura 50.** Total de chuva mensal e os respectivos escoamentos superficiais em cada parcela de erosão desde o início do monitoramento (agosto de 2013 até dezembro de 2017).

No acumulado do período de monitoramento, foram mais de 62,3 t/ha de perda de solo e, desse total, os meses de janeiro e setembro de 2015 e março de 2017 foram os que apresentaram as maiores taxas de perda de solo (2,3, 1,9 e 1,7 t/ha, respectivamente), representando 3,7, 3 e 2,7 % do total desse período de 53 meses (figura 51). Esses meses possuíram volumes elevados de precipitação, reforçando a relação entre chuva e perda de partículas.

Assim como o escoamento, essa perda obteve distribuição espacial diferenciada nas parcelas, onde P.B. obteve maior perda (24,0 t/ha), seguido de P.A. (22,7 t/ha) e P.C. (15,6 t/ha). A perda dessas frações granulométricas, essenciais para a ajudar no processo de recuperação da vegetação do solo, devido a maior capacidade de troca iônica, está corroborando para a intensificação de um solo degradado e incipiente, dificultando o processo de geoconservação desses ambientes.

A análise de matéria orgânica das partículas escoadas demonstra alta concentração de M.O. sendo perdida (2,2 %). Esse elemento, junto com a argila, é essencial para formar agregados e ajuda na estruturação do solo, bem como no processo de formação de poros (VEZZANI, 2011). Contudo, a realidade do solo *in situ* da superfície do piso da trilha demonstra taxa de 0,5 % de M.O., ou seja, o processo de encrostamento do solo deve estar conferindo ao sistema substâncias húmicas, mas estão sendo arrastadas pelo escoamento e não se fixam na matriz de solo.

O pH desse material (4,9) salienta, que se trata de um solo lixiviado, que sofre com a perda de suas bases trocáveis, culminando na desestabilização das relações geodinâmicas e diminuição da complexidade dos elementos que compõem os agregados, que vão interferir na sua baixa resistência aos agentes erosivos, principalmente se tratando de uma área com elevados índices de chuva.

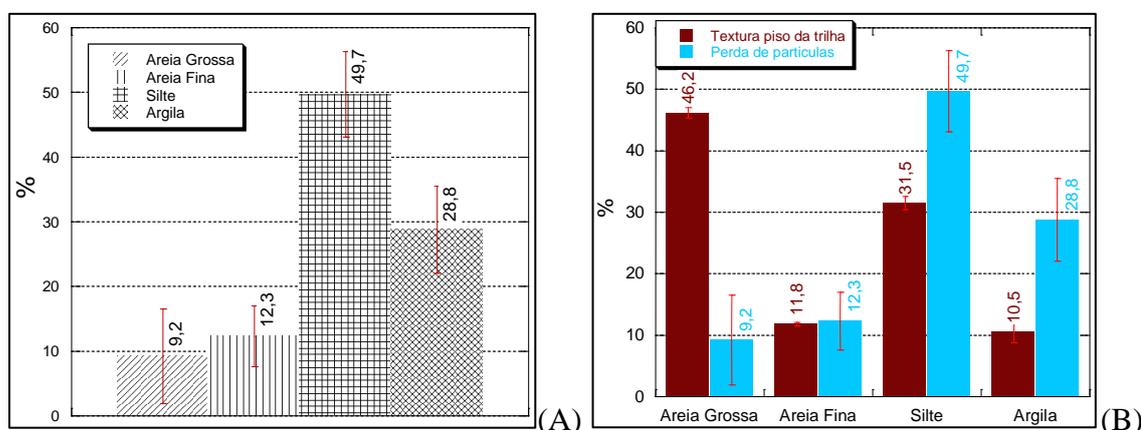


**Figura 51.** Perda de solo total por mês em cada parcela de erosão desde o início do monitoramento (agosto de 2013 até dezembro de 2017).

### Perfil granulométrico de partículas sólidas de solo transportadas no piso da trilha

Ao analisar o tamanho das partículas transportadas superficialmente pelo escoamento, constatam-se taxas majoritárias de silte (49,7 %), seguido de argila (28,9 %), areia fina (12,3 %) e grossa (9,2 %) (figura 52 A). Observa-se que o silte está sendo transportado 18,2 % mais do que as suas taxas originais no solo *in situ* do piso da trilha (31,5 %), bem como a argila, que está sendo transportado 18,4 % a mais (taxas naturais da camada superficial C de 10,5 %) (figura 52 B). Observa-se que as partículas menores, mesmo demonstrando grande concentração no solo, importantes para a resistência dos agregados, especialmente a argila, devido a maior superfície de contato, estão mais susceptíveis à erosão e transporte, isso devido à baixa capacidade de ligação iônica que estas partículas perderam, devido ao constante processo de lixiviação que esse solo está sofrendo, carregando junto as bases do mesmo.

A perda dessas frações granulométricas, essenciais para a ajudar no processo de recuperação da vegetação devido a maior capacidade de troca catiônica e aniônica, está corroborando para a intensificação de um solo degradado e incipiente, dificultando o seu processo de recuperação. As partículas maiores, areia fina e grossa, estão sendo transportados 0,5 e 37 % menos, respectivamente, quando comparadas com a textura do solo *in situ* (figura 52 B), isso devido à baixa declividade do relevo (4°), onde a força da gravidade pouco interfere para o deslocamento desses materiais mais pesados, dependendo principalmente da força do volume de escoamento.



**Figura 52.** Total de partículas de solo escoadas superficialmente dos períodos selecionados: entre 2013 e 2017 (A); e relação da textura do piso da trilha com o total de taxas de partículas escoadas superficialmente (B).

Essas perdas são influenciadas diretamente pelas características físicas, químicas e de temperatura do solo, que acabam desagregando partículas de argila e as deixando menos

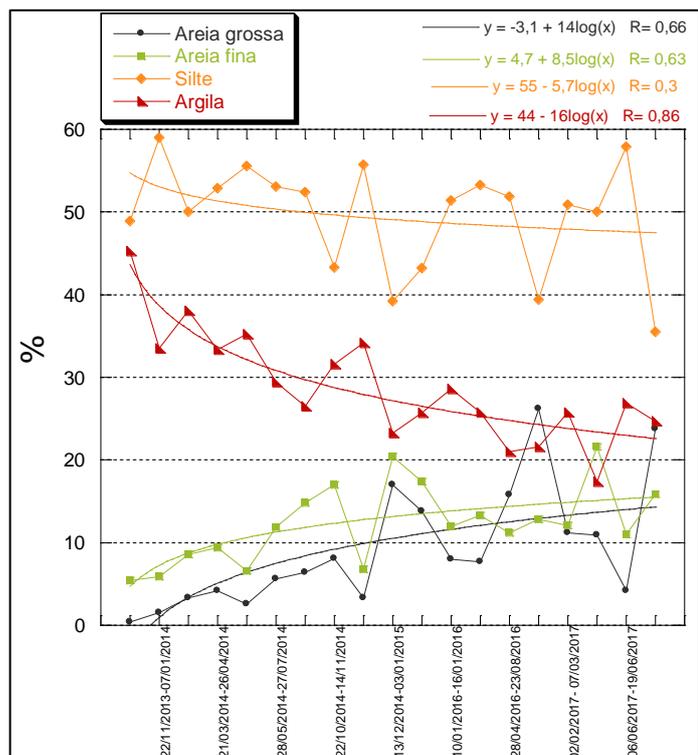
resistentes aos processos erosivos, apesar da sua maior superfície de contato, que favorece a agregação e as trocas iônicas. O pH 4,9 do piso da trilha, M.O. de 0,5 % e temperaturas que alcançam 47° não favorecem a agregação do solo, e a elevada amplitude térmica do mesmo faz com que o solo se desagrega, por meio da sua contração e retração, ponderando que esse processo poderia ser mais intenso em argilominerais 2:1 expansíveis.

Os argilominerais da trilha são os provenientes de sistemas lixiviadas e de solos bem evoluídos. Visto a classificação pedológica da área (Latosolo Vermelho-Amarelo), constata-se a ocorrência de ilita, goetita e caulinita.

Pesquisa desenvolvida por Almeida Neto *et al.*, (2009) analisou a dispersão da argila em Latossolos Vermelho-Amarelo caulínico (LVA), Latossolo Vermelho perférrico hemalítico (LV) e Latossolo Vermelho distroférrico gibbsítico (LVd), salientando que o argilomineral gibbsita possui, naturalmente, menor dispersão em água.

A gibbsita, que se encontra presente em TF, área de floresta, é considerada o mineral que confere grande estabilidade dos agregados em Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo. Em pesquisas que relacionaram a diferença de estabilidade de agregados sobre a ocorrência de caulinita e gibbsita, observou-se maior índice de estabilidade dos agregados em Oxissolos gibbsíticos, em detrimento dos caulínicos (FERREIRA *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2005; ALMEIDA NETO *et al.*, 2009).

Nessa perspectiva, a ausência de tal argilomineral na camada C da trilha confere ao sistema menor capacidade de agregação e resistência frente aos processos hidroerosivos. Subvertendo o padrão de partículas majoritárias que são escoadas superficialmente (primeiro silte e areia fina, por último argila e areia grossa) (MORGAN, 2005; ZHANG *et al.*, 2015), constata-se que silte teve comportamento esperado, contudo, a argila está sendo a segunda partícula majoritária escoada superficialmente temporalmente. Devido ao rebaixamento do solo, como constatado nas análises de escoamento e perdas de solo, o percentual de argila e silte arrastadas estão tendo uma reta decrescente temporalmente (de 40 % de perda no início do monitoramento, para 20 % na última análise da fração argila; e 60 para 58 % de silte). A diminuição dessa fração presente no solo está elevando, conseqüentemente, as taxas de perda de areia fina e grossa, demonstrando um padrão crescente temporalmente (figura 53).

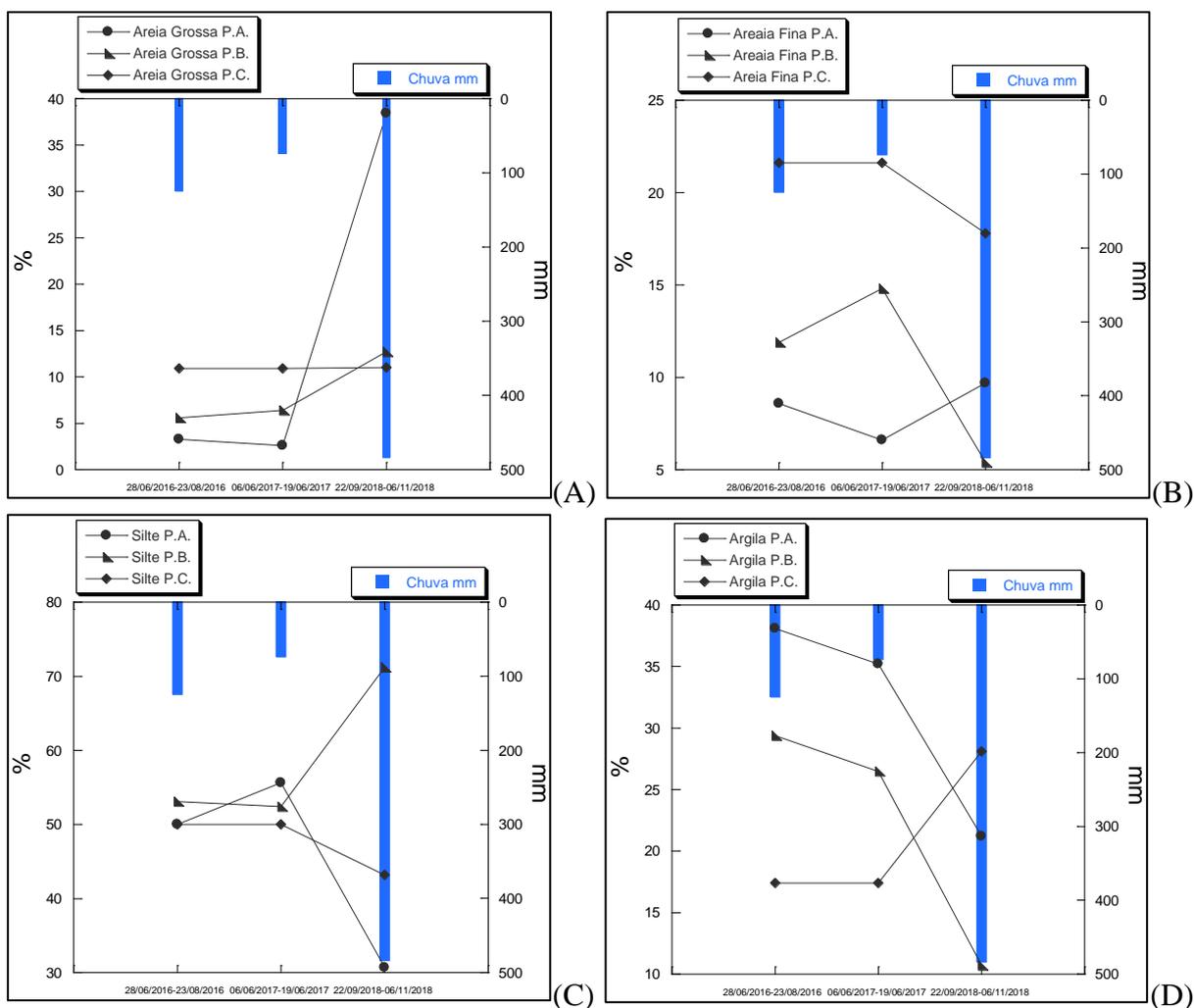


**Figura 53.** Partículas de solo escoadas superficialmente entre 2013 e 2017.

Segundo Schaefer (2001), os agregados de Oxissolos caulíníticos tendem ser menos estáveis em água, quando comparados aos que possuem predomínio de oxi-hidróxidos de Fe e Al. Ou seja, os solos caulíníticos e com taxas inferiores de Fe e Al apresentaram maior susceptibilidade à dispersão da argila.

Observa-se, portanto, comportamento semelhante no topo do solo analisado que possui caulinita e, como resultado dessa instabilidade de agregação da argila, observa-se que o piso da trilha está apresentando grande concentração de areia residual, principalmente nos caminhos preferenciais do escoamento nas pequenas incisões erosivas superficiais, salientando o transporte das frações menores pelo escoamento devido à perda de sua capacidade de atração.

Também foi analisado a perda de partículas individualizando as parcelas e se evidenciou que a parcela P.C, apresentou menor taxas de perda em comparação as demais, seguida de P.B. e P.C (figura 54 A, B, C e D). Esses resultados estão associados diretamente ao volume de escoamento superficial menos expressivo em P.C, em detrimento às demais parcelas. E em elevado volume de precipitação, as frações de areia grossa e fina são arrastadas em maior concentração, uma vez que necessitam de maior energia para o seu deslocamento.



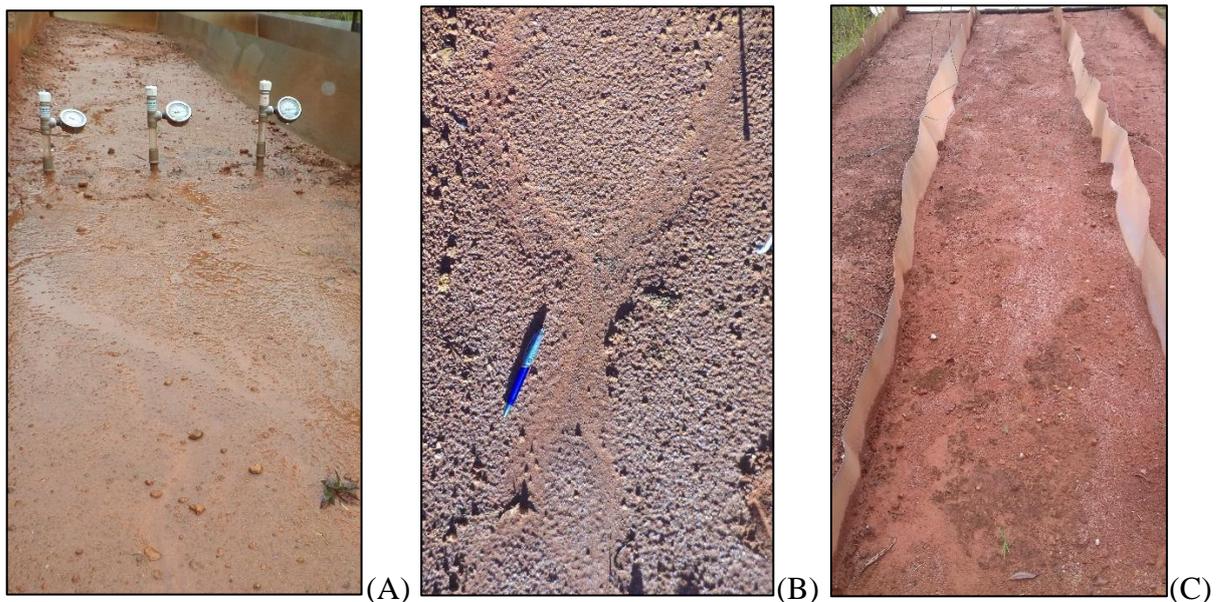
**Figura 54.** Partículas de solo escoadas superficialmente em cada parcela de erosão entre três períodos (28/06/2016 e 23/08/2016; 06/06/2017 e 19/06/2017; 22/09/2018 e 06/11/2018): areia Grossa (A); areia fina (B); silte (C); argila (D).

Como consequência da maior susceptibilidade de arraste das partículas de argila e silte, está ocorrendo grande concentração de areia residual no piso da trilha, mudança textural que altera a geodinâmica natural da área.

A ocorrência de residual de areia é uma realidade na maioria das trilhas de Ubatuba (figura 55), principalmente nas áreas menos íngremes, onde se depositam tal material. Esse processo reforça como a trilha expõe uma camada pedológica frágil na interação com os agentes exógenos e necessitam de planejamento adequando para minimizar tal problemática. É notável a variação de textura superficial após o primeiro ano de monitoramento, e no decorrer de quatro anos as manchas de areia lavada ficam nítidas ao longo de toda a extensão espacial das parcelas (figura 56).

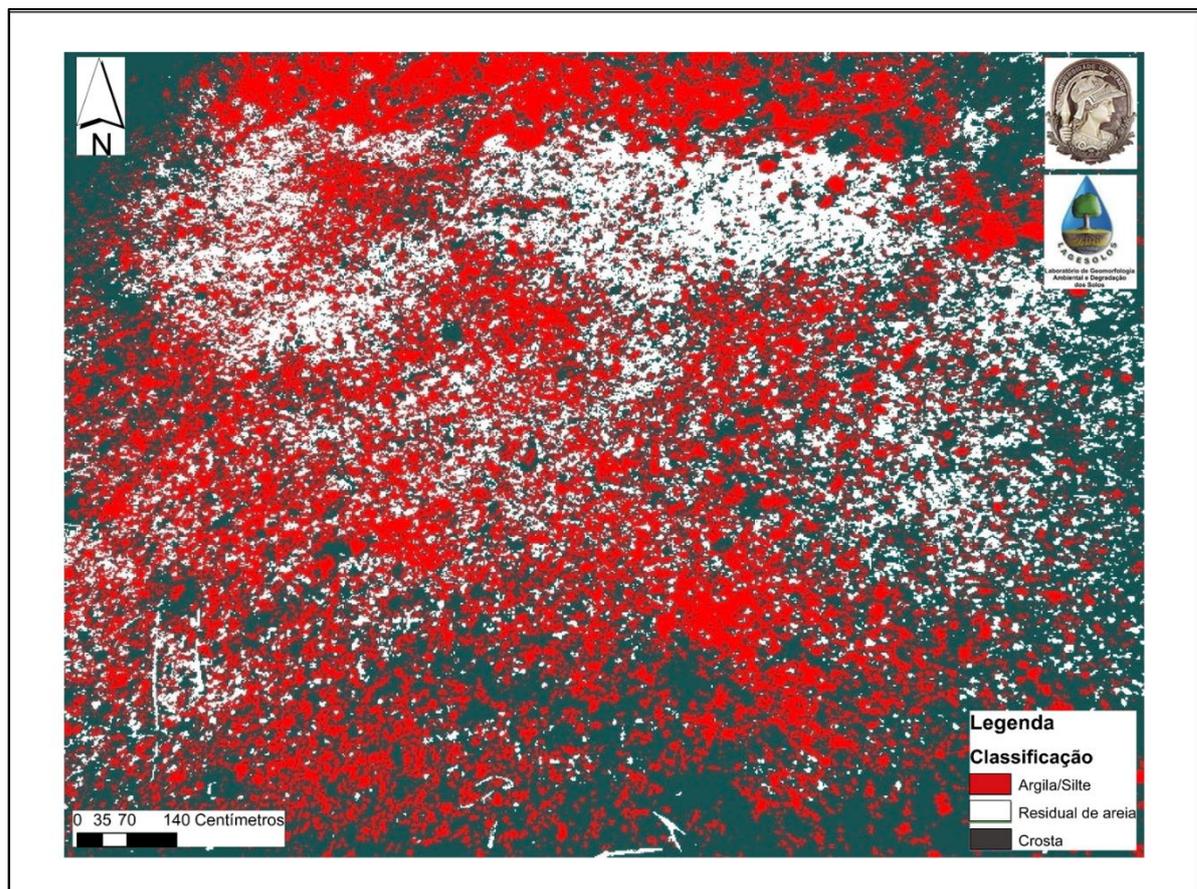


**Figura 55.** Depósito de areia que se encontra acumulada em terreno (a; c) de baixa declividade (b) na trilha sítio Recanto da Paz. Fotos: Leonardo S Pereira. (2017).



**Figura 56.** Parcela de erosão no início de monitoramento (2013) (A), após um ano e apresentando manchas de residual de areia lavada na trilha (2014) (B) e entre os sulcos erosivos em 2017 (C). Fotos: Leonardo S. Pereira (2013, 2014 e 2017).

Ao confrontar as taxas granulométricas no solo *in situ* do piso da trilha com o percentual de abrangência espacial das mesmas por meio da classificação de imagem em uma porção de 1 m<sup>2</sup> da parcela, reforça-se a considerável presença da areia. As taxas de areia fina e grossa somadas equivalem a 58 % no topo do solo, quando estão em suas estruturas pedológicas naturais, e o residual de areia classificado apresentou 33,3 % de predomínio superficialmente após serem desprendidos dos agregados. A concentração de silte e argila que ainda se encontram presentes nos agregados somam 42 %, semelhante as taxas da classificação de imagem superficial (41,2 %). A classificação levou em conta o encrostamento do solo que, temporalmente, evoluiu de modo distinto entre as parcelas, cobrindo, em média, 25,5 % da porção espacial (figura 57).



**Figura 57.** Classificação de imagem do piso da trilha. Organizado por: Leonardo S. Pereira (2019).

Esse recurso metodológico de classificação de imagem da característica textural do topo do solo foi validado por meio da matriz de confusão, seguindo o método KMEDIAS. Os padrões espaciais analisados em maior detalhe e em menor escala, corroboraram nos bons

resultados classificados, uma vez que as porções espaciais classificadas demonstraram boa representação da realidade. Assim, a abrangência de argila e silte apresentaram 73,5 % de compatibilidade com a imagem real, enquanto o residual de areia obteve 77,1 % e a crosta 80,8 % (quadro 4). A classificação mais fidedigna da crosta se justifica devido a sua formação espacial concentrada.

**Quadro 4:** Matriz de confusão segundo o método KMEDIAS.

Tipo de cobertura: IMAGEM REAL	Tipo de cobertura: MAXVER Classificação			Total	%
	Argila/Silte	Residual de areia	Crosta		
Argila/Silte	86	7	24	117	73,5
Residual de areia	8	81	16	105	77,1
Crosta	6	9	63	78	80,8
Total	100	97	103	300	

Tendo como base o conjunto de características analisadas do solo, questiona-se como essa matriz está sendo retrabalhada em curto tempo, modificando sua composição textural natural. Salienta-se que esse processo se assemelha ao processo de arenização, que, segundo Verdum (2004), Suertegaray (2011) e Menezes e Dutra (2018), caracteriza-se pelo retrabalhamento de depósitos areníticos (pouco consolidados), ou arenosos (não consolidados), dificultando a fixação do crescimento de vegetação e atividade de organismos vivos.

Os autores ainda ponderam que os depósitos superficiais são resultantes da dinâmica morfogenética, corroborado pelos processos de escoamentos superficiais, que, ao se associar aos elevados índices de chuva, erode e expõe a areia, transportando e a depositando, originando o processo de formação dos areais.

Logo, a baixa resistência dos agregados, associada à perda de atração entre as partículas menores, culminaram em, aproximadamente, 10,3 t/ha de perda de silte e 6,0 t/ha de perda de argila, quando comparadas com o total de perda de solo durante todo o período monitorado (20,7 t/ha na média entre as parcelas). Desse modo, culminou em 2,5 t/ha de areia fina e 1,9 t/ha de areia grossa. As partículas menores (silte e argila) apresentam probabilidade de arraste na superfície do solo para ambientes mais distantes, enquanto a areia apresenta tendência de maior concentração em áreas de baixa declividade ao longo do caminho da trilha (RAMALHO & GUERRA, 2014).

Desse modo, observa-se como o solo, parte dos elementos da geodiversidade e que compõe a paisagem dos pontos turísticos de Ubatuba, pode influenciar a dinâmica dos ecossistemas ambientais, visto que se encontra integrado com outros elementos e atributos naturais que mantêm o equilíbrio e as funções geossistêmicas. Logo, o processo de rebaixamento do solo de ambientes de trilha poderia culminar em transtornos nas paisagens de Ubatuba e na geoconservação de geossítios e geopatrimônios peculiares da área.

### **Formação de crosta no piso da trilha**

Em uma análise qualitativa da imagem das parcelas de erosão, observa-se que o processo de formação de crosta, que influencia na infiltração e escoamento da água, não ocorre de maneira uniforme no piso do solo da trilha. Na construção das parcelas em 2013 a trilha não apresentava sinais de crosta no solo. Confrontando com a imagem de 2014 (figura 58), observa-se o início do processo de formação da crosta, salientando padrões de distribuição superficial diferenciado entre as parcelas. Nota-se que P.A. apresenta em 2014 fluxos concentrados de escoamento, indicativo de maior fluxo e carga hídrica sobre sua superfície, como já comprovado nos dados acima.

Ao se comparar a evolução da crosta com 2016 se observa a sua formação na metade da trilha, que se inicia no meio da parcela B e se estende até a parcela C por completo (figura 58). Como já analisado nos dados de escoamento e hidrológico do solo, o piso da trilha próximo a TF possui maior carga hídrica e influencia na evolução da formação da crosta, ou seja, a trilha está sendo impactada pelo escoamento e movimentação da água no solo do talude, afetando, de modo distinto, a parcela A em relação a B e C.

As propriedades físico-químicas e mineralógicas vão interferir diretamente no processo de formação da crosta, conferindo características distintas à crosta, como grau de resistência ao escoamento. Solos com predomínio de argila, por exemplo, favorecem a formação de crosta mais resistente devido a maior superfície de contato, em contrapartida, solos mais arenosos e siltsosos, tendem a formação de crosta mais frágil, sendo de fácil remoção. A declividade do terreno também influencia no processo de formação de crosta, uma vez que vertentes mais íngremes, que favorecem o escoamento, dificultam a formação da crosta, culminando no arraste da mesma, e terrenos mais suaves, que pouco drena a água e favorece a saturação do solo, facilita a formação da crosta (BRANDÃO *et al.*, 2007). Características estas que se assemelham as do topo do solo da trilha.



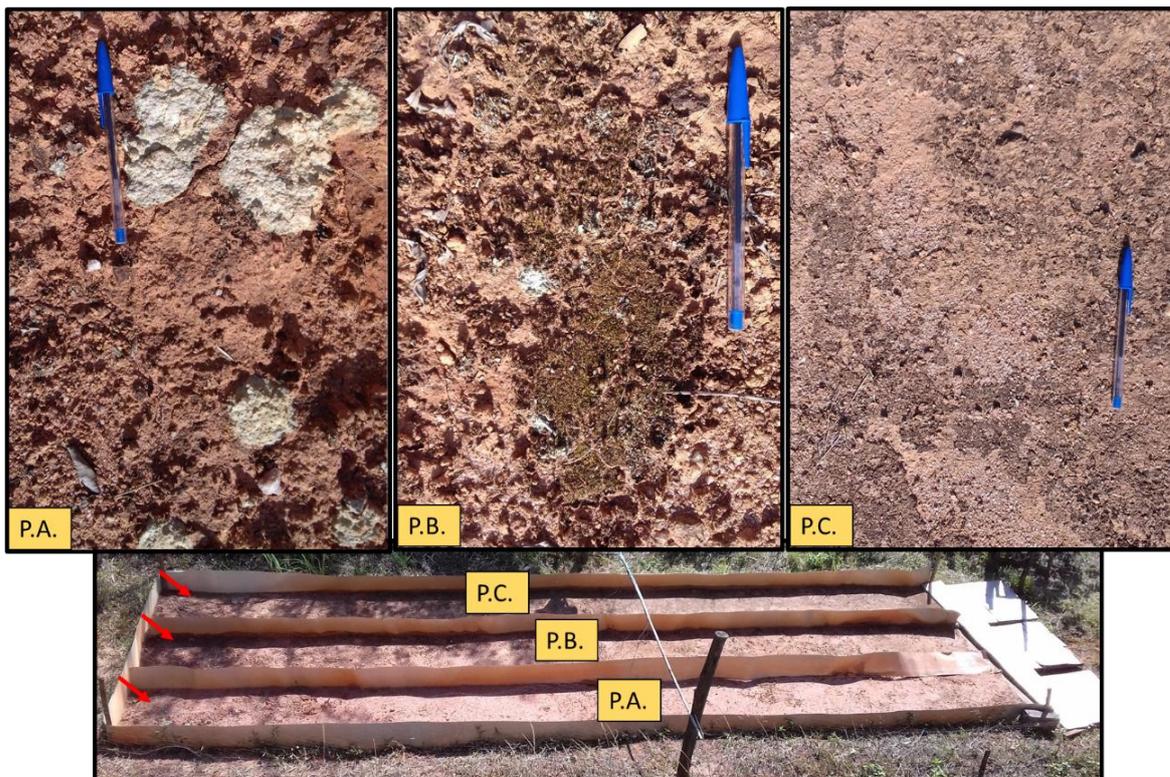
**Figura 58.** Evolução da crosta do solo no piso da trilha nas parcelas de erosão. Fotos e organizado por: Leonardo S. Pereira (2019).

É importante analisar a estrutura e estabilidade de agregados para entender o processo de formação de crostas, bem como quais são os argilominerais presentes no solo, pois são elementos que possuem características cimentantes, como a matéria orgânica e os óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibssita) (SILVA & KATO, 1997; ALBUQUERQUE *et al.*, 2000; BRANDÃO *et al.*, 2007). No piso da trilha, portanto, nota-se a ocorrência de óxidos de Fe, que são minerais secundários, produto final do intemperismo avançado dos solos.

A relação silte/argila (tabela 3) demonstra a evolução do solo da encosta que se encontra a trilha e a agregação desse material da encosta também será condicionado pela presença de óxidos de Al (gibssita). Desse modo, quanto maior a presença desses elementos, maior a estabilidade da sua estrutura. Shainberg e Levy (1995) ponderam que solos com predomínio de argilas do tipo 2:1 tendem a formar crostas mais duras, comparados aos que são ricos em argilas do tipo 1:1, tal como a caulinita, que também está presente na formação do solo da trilha.

Contudo, a abrangência da crosta na parcela A se limita a uma área pequena, concentrando-se na parte superior, sendo de baixa significância na interferência do processo de infiltração e escoamento. As parcelas B e C apresentaram em sua superfície maior ocorrência de crosta, enquanto P.B. possui a metade de sua área coberta por crosta, a parcela C apresenta em toda a sua superfície a formação da crosta (figura 58).

As crostas da P.B. e P.C. são finas em detrimento da parcela A, mas resistem ao processo de arraste do escoamento superficial. A forma e resistência entre as crostas também mostraram diferença, enquanto que P.A. apresenta uma crosta mais firme e resistente após ser pressionada, P.B. e P.C. apresentam estruturas mais finas e frágeis e é nítida a presença de areia na composição da crosta dessas parcelas (figura 59).



**Figura 59.** Formatos e padrão de evolução espacial da crosta no piso da trilha. Foto e organizado por: Leonardo S. Pereira (2016).

Na análise em detalhe da morfologia, observa-se que a crosta de solo de P.A. possui uma superfície lisa e estrutura densa, em detrimento à P.B. e P.C., que possuem estruturas finas, rugosas, com leves curvaturas e fragmentadas. Enquanto que a parcela A possui crostas maiores (10 cm de comprimento e 1 cm de altura, aproximadamente), a parcela B e C tem ocorrência de crosta de 3 cm de comprimento, em média, e 2 mm de altura, aproximadamente (figura 60).



**Figura 60.** Crosta do solo das parcelas A, B e C em detalhe. Foto: Leonardo S. Pereira (2016).

Segundo Valentin e Bresson (1992), existem três tipos de crostas que se diferenciam, dependendo de suas características físicas, químicas e mineralógicas, bem como devido aos processos que se encontram susceptíveis, que são:

1º estruturais: formadas pelo rearranjo *in situ* das partículas e microagregados, que se originam pelo desequilíbrio de sua estrutura provocado pela erosividade da chuva.

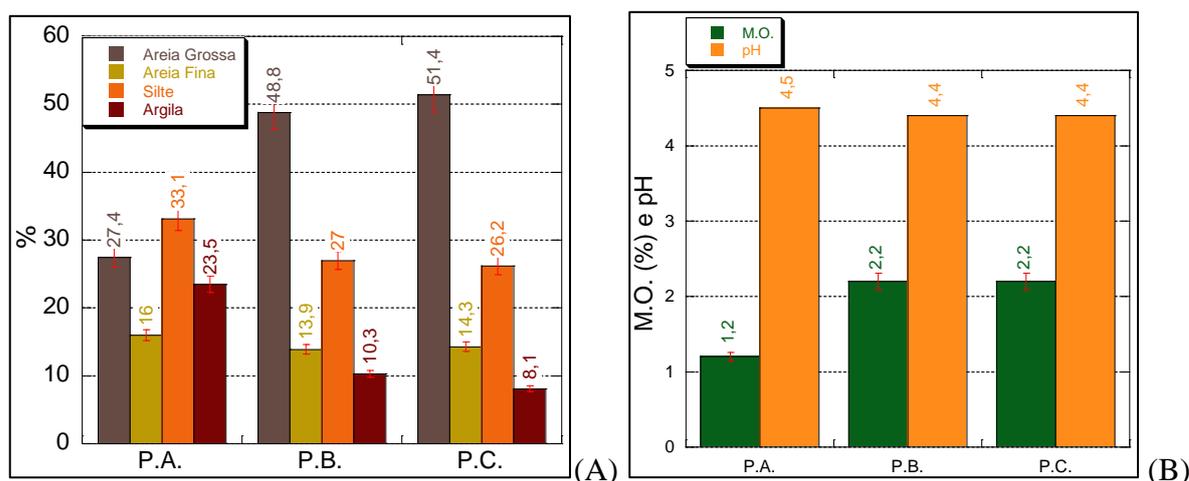
2º deposicionais: que tem sua ocorrência pelo processo de sedimentação das partículas em microdepressões, cuja orientação das partículas grossas e finas depende das condições hidrodinâmicas do escoamento superficial.

3º erosionais: compreendem uma camada superficial rígida e lisa, constituída por partículas finas e resultam da erosão das crostas estruturais.

O índice de estabilidade da crosta em água apresentou taxas diferenciadas entre as parcelas: P.A. obteve 78% de estabilidade, P.B. 68,5 % e P.C. 66,2 %. Observa-se relação direta entre os índices de estabilidade da crosta com as suas características granulométricas, uma vez

que P.A. apresentou maior concentração de argila (23,5 %), fração responsável pela agregação e resistência à erosão, em detrimento de P.B. e P.C. (10,3 e 8,1 % de argila). A elevada concentração de areia grossa, fina e silte na estrutura das crostas das parcelas B e C, explicam a maior fragilidade desse material (figura 61 A).

Não se constatou relação direta com as taxas de matéria orgânica e resistência da crosta, visto que P.A. apresentou maior resistência da crosta em contato com a água, apesar de menor taxa de M.O. (1,2 %), em detrimento de P.B. e P.C., que apresentaram maior fragilidade em sua estrutura com 2,2 % de M.O. Os resultados de pH refletem as características da cobertura pedológica da área e não apresentou variação na crosta (figura 61 B).



**Figura 61.** Granulometria da crosta no solo (A) e índices de M.O. e pH (B).

A partir das análises, compreende-se que a parcela A possui tipo de crosta erosionais, com estruturas lisas e resistentes, enquanto que as parcelas B e C possuem crostas estruturais, que sofrem influências da erosividade da chuva.

Brandão *et al.* (2007) salienta que: “as características da crosta apresentam variação temporal dependente da energia cinética da chuva e da tensão cisalhante do escoamento superficial, que, por sua vez, levam à formação de crostas estruturais e erosionais”.

Nessa perspectiva, pondera-se que a ocorrência de selamento no solo depende das suas características físicas e dos padrões de chuva. Este tem sido o principal fator para caracterizar o tipo de formação de crosta no solo, devido à energia cinética das gotas que vai culminar no selamento do solo (EDWARDS & LARSON, 1969; SILVA & KATO, 1997; AMORIM *et al.*, 2001).

A formação de crosta decorrente do impacto das gotas da chuva é um dos fatores que pode reduzir o processo de infiltração e aumentar o escoamento superficial, como consequência, corroborando nas perdas de erosão de solo (BRANDÃO *et al.*, 2007; BRADY E WEIL, 2013).

O escoamento superficial possui comportamento diferente em determinadas encostas. Valentin *et al.* (2005) salientam que em encosta íngreme ocorre o favorecimento à alta velocidade do *runoff*, o que confere a baixa taxa de formação de crosta. Contudo, em encosta suave, ocorre a baixa velocidade do escoamento, o que favorece na maior taxa de formação de crostas no solo. Mas deve ser levado em consideração outros fatores como a quantidade e intensidade da chuva, além da umidade antecedente do solo (ARNÁEZ *et al.*, 2015), como analisado na área monitorada.

Segundo Brady e Weil (2013), a formação de crosta no solo pode ser por meio de processo físico, químico, ou microbiológico. Os autores também ponderam que a crosta é o processo de selamento dos poros da superfície do solo, formando uma camada dura e resistente aos agentes externos que modelam o relevo, como a ação da chuva, sendo uma proteção para solos em estágio de degradação. Portanto, observa-se crosta em todas as parcelas, com maior dimensão espacial nas parcelas B e C, ou seja, com uma superfície de maior selamento do solo e, concomitantemente, de menor infiltração, mas as suas estruturas finais e frágeis e características arenosas fazem com que sua função de conservar a estrutura do solo seja prejudicada.

A parcela A possui menor proporção espacial de crosta, logo, maior superfície de absorção da água da chuva. O processo de formação da crosta nas parcelas ocorreu de modo diferenciado, uma vez que a parcela A tem maior influência hidrológica do talude, por sua proximidade, culminando no arraste da crosta, já que é a parcela com maior volume de escoamento. Enquanto que as parcelas B e C, com menor volume de escoamento, preservam as crostas, propiciando sua evolução pelo terreno da trilha. Ou seja, em ambientes de trilha, o processo de formação de crosta mais intenso ocorre distante do talude, pois é uma área de maior influência hidrológica.

Brady e Weil (2013) ponderam que as crostas de solo auxiliam na recuperação do mesmo, pois conservam e ciclam os nutrientes, o que auxilia na diminuição da erosão, por exemplo. Por se tratar de uma área experimental de monitoramento de trilha, onde o processo de pisoteio turístico foi interrompido, as crostas estão se formando para proteger e regenerar este ambiente. Contudo, em trilhas com intenso movimento de turistas e sem adequado uso e manejo o processo de formação de crosta se encontra comprometido.

## **CAPÍTULO 6: EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO ESTRATÉGIA DE GEOCONSERVAÇÃO: O SOLO E SUAS FUNCIONALIDADES**

A construção do senso crítico político, social, ou ambiental, por exemplo, do indivíduo também perpassa em abordagens de temas e conceitos da Geografia Física, a fim de entender as relações espaciais de modo integrado entre os fenômenos naturais e as atividades das distintas organizações sociais. A Geografia física contribui, justamente, na compreensão de fenômenos naturais, por exemplo, a fim de entender como esses fenômenos se desenvolvem e afetam a organização social.

A Geografia, portanto, é uma ciência híbrida e auxilia na construção de um cidadão consciente e ativo socialmente, conferindo ao sujeito autonomia na construção de suas ideias e opiniões. Como exemplo: como diferenciar desastre ambiental de crime ambiental, como o ocorrido em Brumadinho?

Primeiro se questiona: qual o papel do profissional geógrafo para difundir e popularizar o conhecimento científico no tocante da geoconservação? Por meio da educação e sensibilização dos recursos naturais, desmitificando que os elementos abióticos são menos relevantes em detrimento aos bióticos, mas ponderando a relação mútua que estes estabelecem nas dinâmicas dos geossistemas, que fazem parte das distintas realidades socioespaciais de diversos grupos sociais (CHRISTOFOLETTI, 1999; SUERTEGARAY, 2002; ALENTEJANO E LEÃO ROCHA, 2006; PIMENTEL, 2006; AFONSO, 2015).

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo a alguns anos já vem avançando sobre os temas que versam a educação de solos, onde a diretora-geral adjunta da FAO para o Clima e Recursos Naturais, Maria Helena Semedo, questiona que:

"(...) Os impactos negativos da erosão do solo são cada vez mais evidentes e a necessidade de trabalhar em conjunto cada vez mais urgente" (...) "Temos soluções. Prevenir a erosão do solo através da educação, defesa e ações concretas no campo são a melhor maneira de manter solos saudáveis e ajudar a alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável" (SBCS, 2019).

Nessa perspectiva, observa-se que os conceitos e temas e o material teórico-metodológico da ciência Geográfica contribui para a sistematização e aprofundamento dos debates sobre a educação de solos também. Entender os impactos espaciais da erosão do solo é essencial para uma educação geográfica efetiva dos alunos, que vão compreender sua realidade espacial.

Trágicos exemplos de desastres se originam pela falta de políticas públicas para mitigar riscos socioambientais, bem como pela baixa conscientização da importância de se

compreender os solos para um modo de organização social sustentável, uma vez que a mudança no uso e cobertura transforma as características físicas, químicas e mineralógicas, e culmina na degradação dos solos e aumento dos riscos para a sociedade (GUERRA e JORGE, 2009; PEREIRA et al., 2018).

Portanto, promulgar a educação ambiental em solos no ensino básico, bem como estimular essa temática no processo formativo do professor de Geografia, pode desenvolver a conscientização social frente aos riscos advindos de um modo de produção e organização espacial inadequada. Analisar o solo como recurso natural que participa da dinâmica de uma bacia hidrográfica, nessa perspectiva, auxilia na conscientização social frente aos riscos socioambientais.

### **Métodos didáticos de associação de dados científicos com os conhecimentos do cotidiano: uma proposta educativa para o ensino de erosão de solos em Geografia com solos descartados em laboratórios, para confecção de kits de solos e parcelas de erosão educativas**

Distintos manuais de coletas, análises e descrição de solos tanto nacionais (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2005; EMBRAPA, 2017; VENTURI, 2009), quanto internacionais (United States Department of Agriculture –USDA, 2018), salientam os procedimentos de coleta e preparo das amostras para análises em laboratório. Nessa perspectiva, em média 2 kg de solo são coletados em cada ponto de coleta para análises de suas propriedades mineralógicas, físicas e químicas como: matéria orgânica, pH, porosidade, densidade aparente, estabilidade de agregados, textura e outros. Tais amostras de solo são coletadas *in situ* em trabalhos de campo, e é comum tal volume de solo para não faltar material a ser analisado em todas as etapas, uma vez que são analisadas três vezes, pelo menos, para se estabelecer um parâmetro estatístico.

Contudo, após o procedimento analítico dos solos, as informações são tabuladas e sistematizadas para trabalhos científicos, mas o solo é descartado e no lixo uma riqueza de informações se perde.

Segundo levantamento de artigos nacionais e internacionais que coletaram amostras para análises em laboratório, em média 18,6 kg de solo é utilizado em uma única pesquisa e, após todo o procedimento analítico, descarta-se o mesmo em seguida. No total de 10 artigos analisados, foram mais de 186 kg de solo utilizado (quadro 5), que poderiam ser reaproveitados para diversos fins. Todavia, o total de solos descartados após as análises ainda é incerto e não existe na literatura tal informação.

**Quadro 5.** Total de solo coletado para análises em laboratório em diversificadas revistas nacionais e internacionais e considerando dois kg de solo por ponto de coleta.

<b>Autores</b>	<b>Nº de pontos de coleta</b>	<b>Kg de solo coletado na pesquisa</b>	
Rodrigues et al. (2018)	10	20	
Pereira et al. (2016)	8	16	
Arnáez et al. (2015)	18	36	
Zhang et al. (2015)	8	16	
Zhang et al. (2013)	6	12	
Nandi e Luffman (2012)	26	52	
Zuazo et al. (2011)	7	14	
Bhattacharyya, Bhatt e Mandal (2008)	6	12	
Lima et al. (2003)	4	8	
<b>Total de solo coletado para</b>	<b>10,3</b>	<b>Total</b>	<b>186</b>
		<b>Média</b>	<b>18,6</b>

Abordar conteúdos ligados ao ensino de erosão de solos em salas de aula do ciclo básico representa um desafio para os docentes de Geografia, pois são conteúdos que, para um aprendizado mais complexo e pleno, necessitam de trabalhos de campo para permitir a visualização dos processos que estão desencadeando tal problemática. Fatores como chuva, relevo, solos, cobertura vegetal e uso do solo estão ligados diretamente com a formação dos processos erosivos, com melhor visualização e associação do conteúdo fora da sala de aula.

Torna-se importante o aprendizado da erosão de solos nas escolas, pois abarca uma discussão sistemática que relaciona a sociedade com a natureza, inserindo o aluno em um contexto reflexivo de sua sociedade, onde o homem tem contribuído muito para a aceleração dos processos erosivos, por meio de práticas inapropriadas do uso do solo, como expansão das fronteiras agrícolas em áreas de preservação ambiental, construções irregulares em encostas e outros.

Artigos científicos nacionais e internacionais trabalham com questões que relacionam erosão, sociedade e natureza, e são os professores que devem fazer esse *link* entre o saber científico com o conhecimento do cotidiano, auxiliando o aluno no processo do aprendizado. Para tal, torna-se necessário que o docente tenha como postura a função de professor-pesquisador, que vai traduzir e interpretar, junto com os discentes, dados científicos, estes distantes da realidade e do conhecimento do cotidiano do aluno (SUERTEGARAY, 2002; AFONSO, 2015).

Ainda é comum o ensino do solo e dos problemas ambientais de modo fragmentado e raso na educação básica, onde os professores se distanciam de leituras de trabalhos acadêmicos para a produção de seus próprios métodos de ensino, sendo um problema no processo de ensino-aprendizagem, pois perdem autonomia de contextualização de um conteúdo mais atualizado e complexo, já que nos livros didáticos os exemplos de degradação ambiental são generalistas e, as vezes, não condiz com a realidade socioambiental do aluno.

Com o avanço e interiorização das pesquisas no país, o desenvolvimento de estudos de erosão abrangeu diversificados lugares e o professor tem que resgatar essa produção acadêmica local e aproximar de sua comunidade educacional, pois são conhecimentos que se tornaram cada vez mais ricos e peculiares com as especificidades ambientais e humanas nas quais estão inseridas. Nessa perspectiva, o conteúdo se aproxima da realidade dos alunos e estes se apropriam de um discurso fundamentado e se tornam mais sensíveis aos problemas ambientais de seu lugar, como erosão de solo.

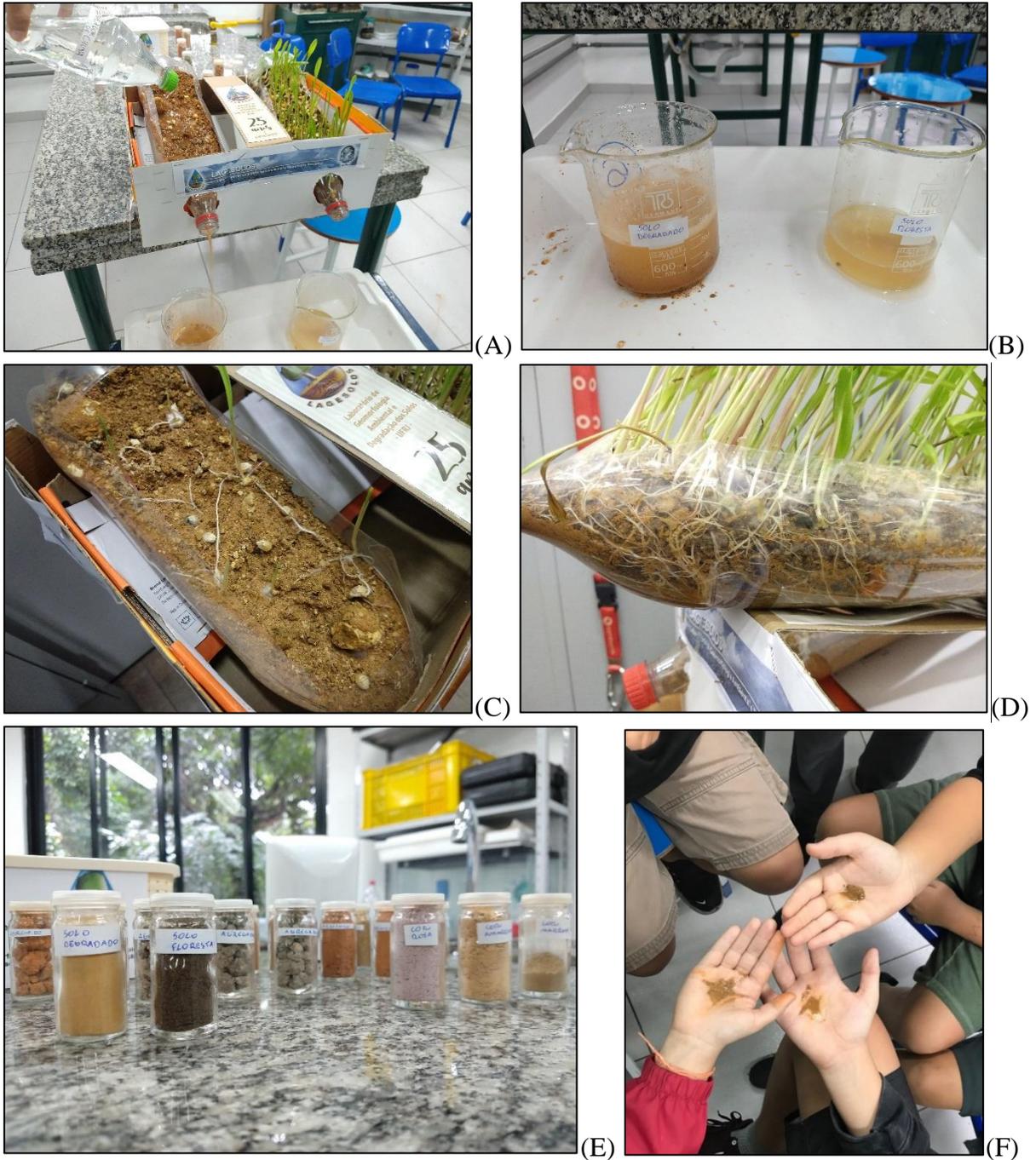
Desse modo, a presente proposta metodológica referente aos processos erosivos é de fácil elaboração e sistematização para os professores do ensino básico, além de ser uma alternativa para os projetos de extensão, sendo uma da resposta dos conhecimentos acadêmicos para a sociedade.

Assim, demonstrar o caráter científico e educativo da técnica de mensuração de perda de solo e água da parcela de erosão é uma alternativa de aproximação da realidade científica com o conhecimento do cotidiano do aluno, além de demonstrar como a mesma pode ser reproduzida em salas de aula, por meio de utilização de materiais recicláveis, como garrafas pet e utilização de material de solos descartados após as análises (figura 62 e 63).

Por isso, a presente tese também teve como produto a criação de material didático de *kits* de solos, a fim de explicar dados científicos de artigos, teses e dissertações que retratam temas e conceitos referentes a escoamento, à erosão e à perda de solo e água de modo claro e de fácil entendimento para estudantes do ensino básico (figura 63 e 64).



**Figura 62.** Passos para elaboração do material didático com os solos utilizados na tese. Construção de parcelas de erosão e acompanhamento da taxa de crescimento vegetal (A, B, C, D e E); Confeção de um simulador de chuva (F e G); e kits de solo com distintas propriedades físicas, químicas e mineralógicas (H). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).



**Figura 63.** Aula prática com os materiais didáticos: parcelas de erosão, simulando o processo de escoamento superficial e a atuação da vegetação (A, B, C e D); kits de solos sendo analisados, junto com os alunos, suas características físicas (E e F). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).



**Figura 64.** Atividade prática de explicação da agregação do solo com os alunos de mãos dadas (A); análise da resistência dos agregados de floresta e solo degradado (B, C e D). Foto: Leonardo S. Pereira (2019).

A prática de aula, por meio dos métodos e materiais confeccionados, resultou na aproximação dos alunos com a sua realidade socioambiental. Assuntos sobre deslizamentos de terras recentes da cidade do Rio de Janeiro que impactaram a mobilidade urbana, afetando diretamente o cotidiano dos alunos, foram questionados pelos discentes, pois associaram adequadamente os conceitos da Geografia Física com a sua realidade.

Ao simular nas parcelas de erosão o processo de escoamento superficial e o arraste de partículas de solo em dois ambientes (com vegetação e sem cobertura vegetal), portanto, os alunos visualizaram na prática a importância da floresta para a contenção de encostas e preservação de bacias hidrográficas. Logo, observaram na prática e por meio de experimentos científicos didáticos o funcionamento da complexidade dos geossistemas, bem como se sensibilizaram e se conscientizaram sobre usos inadequados do solo, o que poderia culminar em assoreamento de rios e potencializar os problemas de alagamentos e enchentes da cidade do Rio.

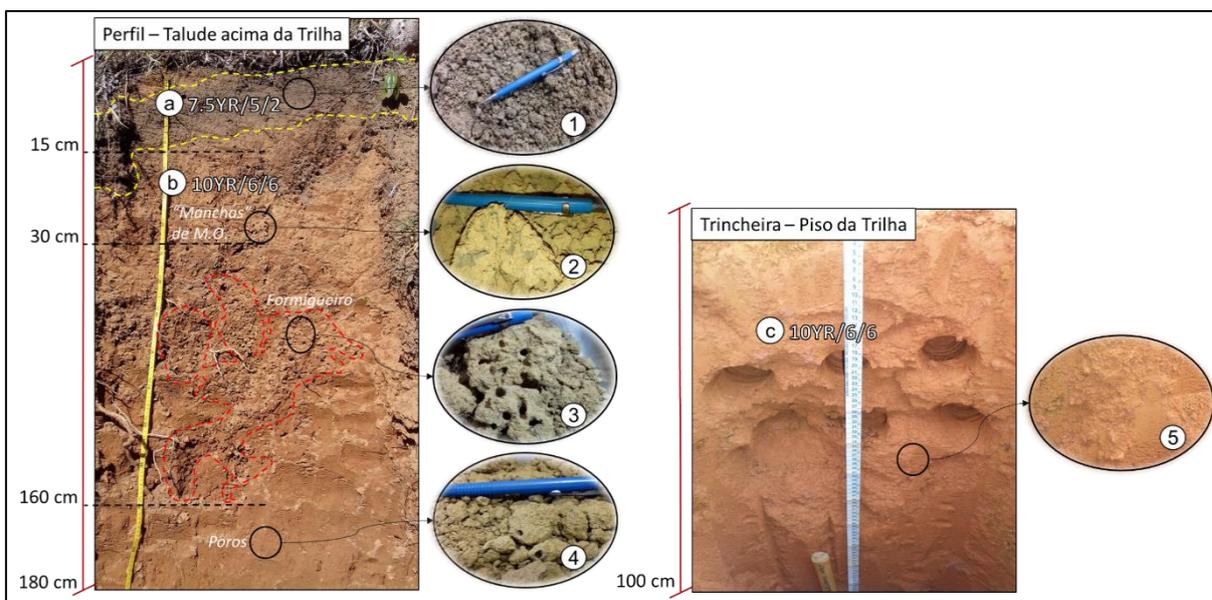
Straforini (2018), ressalta a importância do ensino da Geografia como prática espacial de significação, onde o sujeito tem uma leitura reflexiva e autônoma de sua realidade. O aporte teórico-metodológico utilizado na pesquisa possibilitou, justamente, o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e temas da Geografia de modo mais efetivo e sistemático. Logo, estes materiais confeccionados, com base científica e de modo didático, possibilitou a leitura crítica e reflexiva de mundo, sendo uma ferramenta metodológica de formação de um cidadão crítico e ativo socialmente, onde a construção de opiniões e ideias do sujeito se baseia no conhecimento científico, tensionando as relações entre os elementos naturais e as atividades humanas.

Cavalcanti (2012) pondera que na Geografia é importante a problematização do objeto de estudo, bem como é imprescindível entender a inter-relação entre a dinâmica da natureza com a da sociedade, a fim de estimular e potencializar nos alunos as percepções e sensações de sua realidade espacial. Nessa perspectiva que os projetos desenvolvidos nas escolas se tornam procedimentos metodológicos de grande potencial para a busca do saber científico pela comunidade escolar, culminando no aprofundamento de conceitos e temas da Geografia.

Os projetos de investigação e estudo do meio são procedimentos didáticos valiosos no processo de ensino-aprendizagem, para estimular a busca do conhecimento crítico e autônomo do sujeito. A investigação, desse modo, está relacionada à pesquisa no ensino de Geografia e, por meio do processo investigativo, a educação escolar busca produzir o seu conhecimento (CAVALCANTI, 2012). Portanto, a abordagem investigativa, por meio das análises dos *kits* de solos, despertou maior interesse nos alunos no desenvolvimento do tema sobre educação ambiental e preservação dos elementos naturais. Os discentes levantaram hipóteses de futuros problemas de deslizamentos e alagamentos de sua cidade, ao passo que foram conhecendo as propriedades físicas e químicas dos solos e como áreas mais arenosas são mais susceptíveis à instabilidade, quando não manejadas adequadamente.

Oliveira e Sampaio (2018) alavancam a riqueza da aprendizagem significativa e da Geografia do cotidiano, portanto, pois estão relacionadas às questões espaciais do dia-a-dia do educando. Nessa perspectiva que se constatou um aprofundamento das habilidades cognitivas dos alunos através do ensino investigativo, sendo tal procedimento metodológico relevante para a observação e do estudo da realidade espacial. A educação geográfica sobre as questões ambientais, portanto, mostrou-se efetiva para a formação do sujeito consciente com a produção e organização do espaço socioambiental.

A exemplo disso há o perfil didático de solo do talude da trilha em Ubatuba-SP (Figura 65), onde se observa nítida diferenciação dos horizontes pela coloração, o que propicia aos alunos uma melhor visão de que o solo não é uma entidade homogênea, visto que possui um horizonte A e com classificação da Carta de Munsell de 7.5YR/5/2, culminando em um solo mais escuro pela presença da cobertura vegetal que incrementa esse sistema com matéria orgânica, que ajuda a diferenciar os horizontes mais superficiais. Nessa perspectiva, salientar a diferenciação da coloração dos solos verticalmente facilita a interpretação do aluno, quando se conceitua o solo como corpo tridimensional, que recobre a superfície da Terra, onde a sua visualização e dinâmica não se pauta somente em uma análise horizontal desse sistema, mas também verticalizada, como conceituada por Lepsh (2002).



**Figura 65.** Perfil de solo no talude e piso da trilha degradada. Org.: Leonardo S. Pereira (2017).

Por meio da análise das propriedades físicas do solo em sala de aula, os alunos podem compreender a origem desse material, por exemplo, representando uma perspectiva metodológica de ensino investigativo, como proposta por Bellucco e Carvalho (2014) no ensino de física. Através de uma abordagem de cunho sistêmica, desse modo, o entendimento do solo como corpo aberto e dinâmico seria de melhor compreensão, conferindo aos alunos base argumentativa científica.

Observa-se, portanto, que ao trabalhar com os alunos as características do solo, um leque de possibilidades de estudos de caráter investigativo surge, distanciando-se do senso comum o processo de formação do solo de modo horizontalizado. Assim, a educação ambiental

representa levar mais do que conteúdo aos alunos, mas também conscientizá-los para uma adequada produção social do espaço, onde o manejo e uso sustentável dos solos torna a relação humana com a natureza equilibrada, de modo a evitar problemas socioambientais.

## **CONCLUSÕES**

A popularização da atividade turística em Unidades de Conservação (UC) aumenta a cada ano e está impactando negativamente os recursos ambientais, como a qualidade do solo, consequência da utilização desses espaços sem adequado uso e manejo. A trilha é o principal meio de deslocamento de visitantes em (UC) e os dados da pesquisa indicam a fragilidade natural da exposição de camadas pedológicas menos resistentes aos agentes exógenos.

Por meio da análise geomorfológica dos elementos que compõem a geodiversidade, constata que a perda da qualidade do solo nessas áreas representa não só uma trilha em estágio de degradação, o que confere um acesso de difícil passagem, mas também uma perturbação em todo o sistema do solo, pois o material removido, tanto para a abertura da trilha, quanto o que está sendo mobilizado pelos processos erosivos acelerados devido ao uso inadequado e falta de planejamento, é redistribuído na paisagem de modo a desestabilizar o ecossistema.

As técnicas e os métodos geomorfológicos aplicados na pesquisa se mostraram satisfatórias na compreensão das relações dos elementos naturais e processos associados, uma vez que as análises de erosão superficial tendem a não investigar o solo de modo verticalizado, pautando-se em análises horizontais em profundidade de 0-20 cm, em sua maioria. Contudo, para análise da qualidade do solo e para entender como os processos hidro-erosivos se desenvolvem em ambiente de trilha, foi imprescindível a análise do perfil de solo, já que os taludes de trilhas em encostas representam o solo na sua forma mais verticalizada, contudo, expostos, onde os diferentes horizontes do perfil se relacionam de modo distinto com os agentes que o modelam.

Desse modo, entender quais são os principais elementos que compõem a qualidade do solo e como o solo se insere como recurso fundamental para as estratégias de geoconservação é uma contribuição imprescindível para adequado planejamento de uma trilha, ou seja, para estudos de uso e manejo da mesma.

A análise de trilha em encosta deve estar pautada em conhecimentos geomorfológicos, portanto, considerando as variáveis que influenciam a dinâmica de uma bacia hidrográfica, como análise dos solos, hidrologia, chuva, vegetação, relevo, geologia, pois interferem diretamente na funcionalidade da trilha.

O piso da trilha apresentou camada de solo diferenciada em detrimento aos taludes, já que a sua formação se deu por meio de um corte de encosta, alterando a sua dinâmica hidrológica original, culminando na movimentação da água e no processo de formação do escoamento de modo distinto ao longo de sua largura.

O talude pode estar influenciando na maior formação de escoamento superficial na parcela A, situada próxima ao mesmo, devido à descarga hidrológica nessa área, bem como influenciando a movimentação da água no solo por meio da drenagem da água que sai do talude para a trilha.

O processo de escoamento da água está arrastando com maior intensidade silte e argila, esta que é importante para a agregação do solo e essencial para a ajudar no processo de recuperação da vegetação, devido a sua maior capacidade de troca iônica. Sua perda, corrobora para a intensificação de um solo degradado e incipiente, culminando na formação de uma trilha desnivelada e de difícil percurso, devido aos problemas de erosão.

Por meio das análises e monitoramento da mudança da textura no topo do solo, observa-se grande porção de residual de areia e um processo de rebaixamento do solo, devido às elevadas perdas de partículas. Constata-se, portanto, que no período analisado, a paisagem, modificada pela atividade turística e de solo exposto, perdeu sua capacidade de resiliência, necessitando de prática de manejo adequado para recuperar suas funções geossistêmicas.

O método de classificação de imagem foi eficaz para se espacializar a proporção de crosta no solo e areia residual presentes no piso da trilha, sendo mais uma ferramenta de análise de degradação de solo. Salienta-se o baixo custo dessa metodologia, uma vez que a aquisição das imagens se deu por meio de um celular. Pondera-se, contudo, que o sucesso da validação da classificação se deve pela escala analisada: menor escala e com nível de detalhamento da imagem maior. Essa análise respaldou a discussão qualitativa do processo de formação de crosta, corroborando com os dados físico-químicos da crosta do solo.

As técnicas e métodos geomorfológicas e a interpretação dos dados de modo integrado foram fundamentais para se entender a diferenciação dos padrões hidrológicos temporais e a sua relação com os processos associados: escoamento superficial, erosão acelerada, exfiltração por dutos.

A temperatura ambiente e do solo mostraram forte relação com os processos hidrológicos e foi fundamental para se compreender a saída de água do sistema, por meio da evaporação. Também foram essenciais para se compreender a falta de atividade da biota edáfica na trilha, em detrimento de TF.

A condição de umidade antecedente e lenta drenagem do solo está sendo responsável pela saturação do mesmo, culminando no processo de escoamento superficial e arraste de partículas menos resistentes.

Reforça-se a importância da difusão e popularização do conhecimento científico para se alcançar o sucesso na geoconservação. Portanto, salienta-se a contribuição pedagógica da reutilização dos materiais de solos descartados no processo de um efetivo ensino de geografia e educação ambiental. Desse modo, trabalhar a problemática local, como o problema de degradação de trilha em Ubatuba, representa levar mais do que conteúdo aos alunos, mas também conscientizá-los para uma adequada produção social do espaço, onde o manejo e uso sustentável desses ambientes torna a relação humana com a natureza equilibrada, de modo a evitar problemas socioambientais e promulgar a sensibilização de práticas que visem à geoconservação.

Ressalta-se a importância da formação de professor-pesquisador dos docentes do ensino básico, que vai traduzir e interpretar, junto com os discentes, a gênese e evolução dos solos, por exemplo, que são conteúdos distantes da realidade e do conhecimento do cotidiano do aluno, estes que observam o solo de modo mais horizontalizado e fragmentado dos sistemas ambientais, sem conhecer a complexidade das funções dos solos para a sustentabilidade entre as atividades sociais e a dinâmica dos ecossistemas.

Nessa perspectiva, o conhecimento das características dos solos, bem como suas potencialidades e limitações para determinadas atividades perpassam por uma visão totalizadora de tal sistema, aproximando-se de uma compreensão verticalizada de tal recurso natural. Logo, salienta-se a importância de se compreender a dinâmica dos solos, bem como as consequências de seus usos e sua geoconservação nas práticas de ensino e conscientização por meio da educação ambiental, para auxiliar na conservação dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, A. E. A Geografia da Natureza no Ensino de Geografia: Propostas para a Educação Ambiental e Preventiva de Riscos Naturais. GIRAMUNDO, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 83-93, 2015.
- AGUIAR, F. E. O. As alterações climáticas em Manaus no século XX. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia. Rio de Janeiro. 182 p. 1995.
- ALENTEJANO, P. R. R. e ROCHA-LEÃO, O. M. Trabalho de Campo: uma ferramenta essencial para os geógrafos ou um instrumento banalizado. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, nº84, p. 51-57. 2006.
- ALLISON D, WALLENSTEIN MD, BRADFORD MA. Soil carbon response to warming dependent on microbial physiology. Nature Geoscience, v. 3, p. 336–340, 2010.
- ALLISON, S. O. Cheaters, diffusion and nutrient content decomposition by microbial enzymes in spatially structured environments. Ecology letters, v. 8, n. 6, p. 626–635, 2005.
- ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, A. T.; ABRAHÃO, W. A. P.; COSTA, L. M.; Duarte, a. Irrigation water quality influence on clay dispersive behavior of Oxisols. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.33 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2009.
- ARNÁEZ, J.; LANA-RENAULT, N.; LASANTA, T.; RUIZ-FLAÑO, P.; CASTROVIEJO, J. Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. Catena (128) 122–134, 2015.
- AROCENA J.; OPIO, C. Prescribed fire–induced changes in properties of sub–boreal forest soil. Geoderma, v. 113, n. 1–2, p. 1–16, 2003.
- ASSAF, I.; MARCOS, L.; MARCELO, S. Forest fire effects on soil chemical and physiochemical properties, infiltration, runoff and erosion in a semi–arid Mediterranean region. Geoderma, v. 221, n. 222, p.131–138, 2004.
- BANCO DE DADOS CLIMÁTICOS DO BRASIL. Disponível em <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=492>>. Acesso em: 10/01/2015.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.
- BERTALANFFY, L. V. *General System Theory. Foundations Development Applications.* George Braziller: New York, 1968.
- BERTOLINO, A. V. F. A.; FERNANDES, N. F.; MIRANDA, J. P. L.; SOUZA, A. P.; LOPES, M. R. S.; PALMIERI, F. Effects of plough pan development on surface hydrology and on soil physical properties in Southeastern Brazilian plateau. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, v. 393, p. 94-104, 2010.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. *Bragantia*, 9:147-155. 1949.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo.* Rio de Janeiro: Ed. Ícone, 70 edição, 2010.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *Cadernos de Ciências da Terra*, São Paulo: Instituto de Geografia da USP, n. 13, 1972.
- BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. Análise do potencial matricial relacionada à recuperação de processos erosivos com técnicas de bioengenharia, Uberlândia – MG. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia-GO, 6 a 10 de set., 2006.
- BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S.C. Análise da variação da umidade superficial em parcelas experimentais, Uberlândia MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 1, p. 1-20, 2012.
- \_\_\_\_\_ Aplicação de Geotêxteis Biodegradáveis na Redução do Escoamento Superficial e Controle da Erosão Superficial, Uberlândia/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, p. 1-12, 2011.
- BITAR, O.Y; ORTEGA, R.D. *Gestão Ambiental.* In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia.* São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). cap. 32, p.499-508. 1998.
- BOLETIM INFORMATIVO DA SBCS. JAN - ABR, volume 45, nº 1, viçosa, 2019.
- BOWEN, G. The diversified economics of soil water. *NATURE*. V. 525. P. 43-44. 2015.
- BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos.* Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.
- BRADY, N.C. e WEIL, R.R. *Elements of the Nature and Properties of Soils 3rd Edition.* Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2013.

- BRATTON, S. P.; HICKLER, M. G.; GRAVES, J. H. Trail Erosion Patterns in Great Smoky Mountains National Park. *Environmental Management*, Vol. 3, No. 5, pp. 431-445. 1979.
- BRIGATTI, N; SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica climática e variações do nível do mar na geração de enchentes, inundações e ressacas no litoral norte paulista. *Revista Formação*, n.15 volume 2 – p. 25-36. 2011.
- BRILHA, J. B. R. Património geológico, geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga, Portugal: Palimage, 190p. 2005.
- BRILHA, J.B.R. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review. *Geoheritage*, v.8, n.2, p.119-134, 2016.
- BRYAN, R. B. Soil erodibility and processs of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, v.32, p.385-415, 2000.
- BUCKLEY, R. Sustainable Tourism: Technical Issues and Information Needs. *Anwds of Tourism Research*, Vol. 23, No. 4, pp. 925-966, 1996.
- BUZATO, E. Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geoindicadores. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012.
- CALDERANO, S. B.; DUARTE, M. N.; GREGORIS, G. Análise mineralógica das frações finas do solo por difratometria de raios-X. *Comunicado Técnico*. n. 53, Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2009.
- CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G. S. S. C.; RODRIGUES, S. C. The accumulation of organic material under diferente natural vegetation in Uberlândia – MG. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 20 (1): 189-203. 2008.
- CANTALICE, J. R. B.; CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M.; BORGES, A. L. O. Flow hydraulics and sediment transport in rills of a sandy clay loam soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:597-607. 2005.
- CAPECHE, C. L. Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista. *Comunidado técnico/EMBRAPA*. ISSN 1517-5685, Rio de Janeiro, RJ. 2008.
- CARDOSO, A. Behind the life cycle of coal: Socio-environmental liabilities of coal mining in Cesar, Colombia. *Ecological Economics*. V.120, pp.71-82. 2015.
- CARVALHO, D. T. AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE GESTÃO DE DESASTRES AMBIENTAIS: o caso do município de Niterói após o episódio do Morro do Bumba.

- Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito – PPGSD, Universidade Federal Fluminense, 2014.
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; PIRES do RIO, G. A. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, ISSN 0101-9759 - Vol. 28 – 2, p. 11-30, 2005.
- CASTRO, D. M. D L.; BRUNA, G. C. Políticas públicas de ocupação do solo e desenvolvimento sustentável: o caso do município de Ubatuba. XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, Cancún, México, 2002.
- CASTRO, I. E. . Entre a política e a nova agenda da geografia. Revista Continentes , v. 7, p. 9-35, 2015.
- CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century. Atmospheric Research (118), 27–40, 2012.
- CAVALCANTI, L. S. O Ensino de Geografia na Escola. Campinas (SP): Papirus. 2012.
- CHAPLOT, V., COADOU LE BROZEC, E., SILVERA, N., VALENTIN, C. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. Catena 63, 167–184. 2005.
- CHAPONNIERE, A.; BOULET, G.; CHEHBOUNI A.; ARESMOUK, M. Understanding hydrological processes with scarce data in a mountain environment. Hydrological Processes, Wiley. V. 22 (12), p.1908-1921. 2008.
- CHIEMEKA, I. U. Soil temperature profile at Uturu, Nigeria. Pacific Journal of Science and Tech., v. 11, n. 1, p. 478–482, 2010.
- CHORLEY, R.; KENNDY, B. Physical Geography. A System Approach. London: Prentice-Hall International, 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. SP. Edgard Blücher Ltda, 1999.
- CHRISTOPHERSON, R. W. Geossistemas: uma introdução à geografia física. 1º capítulo. 7ª edição. Editora Bookman. Porto Alegre. 2012.
- CLAUDINO-SALES, V. Morpho-heritage, morpho-diversity: for the affirmation of the geomorphological heritage *strictu sensu*. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 20, n. 3, p. 3-12, Dez. 2018.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 7ª edição, 2009.

- COLTRINARI, L. O trabalho de campo na geografia do século XXI. *Revista Geosp*, nº 4, p. 103-108, 1999.
- COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência e Educação (UNESP)*, v. 13, p. 29 - 45, 2007.
- CONANT, R. T.; DRIJBER, R. A.; HADDIX, M. C. Sensitivity of organic matter decomposition to warming varies with its quality. *Global change biology*, v. 14, n. 4, p. 868–877, 2008.
- COPPOCK, J. T. Tourism and conservation. *Tourism Management* December pages 170-286, 1982.
- COSTA, N. M. C. Ecoturismo: abordagens e perspectivas geográficas. In: COSTA, N. M. C.; NEIMAN, Z.; COSTA, V. C. (Org.). *Pelas trilhas do ecoturismo*. São Carlos: Rima, p. 17-32. 2008.
- COSTA, N. M. C.; OLIVEIRA, F. L. Trilhas: “caminhos para o geoturismo, a geodiversidade e a geoconservação. In: GERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O (Orgs.) *Geoturismo, geodiversidade e geoconservação: abordagens geográficas e geológicas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2018, p. 201-227.
- CPRM. MONITORAMENTO HIDROLÓGICO. Superintendente Regional da CPRM/Manaus, Marco Antônio de Oliveira. Boletim Nº. 05 – 03/02/2017.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade. Disponível em: <<https://www.cprm.gov.br/geossit/>> Acesso em: 12/12/2018.
- DA SILVA, ANTONIO S.; GUERRA, A. J. T.; POLIVANOV, H.; FULLEN, M. A. Soil structural indicators of hillslope destabilization in the Serra do Mar mountain range (Rio de Janeiro State, Brazil). *Natural Hazards (Dordrecht)*, v. 81, p. 1177-1191, 2016.
- DE PLOEY, J.; POESEN, J. Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: *Geomorphology and Soils*. Editores: K. S. Richards, R. R. Arnett e S. Ellis, 99-120, 1985.
- DIEGUES, A.C. *O Mito Moderno da Natureza Intocada*. 4 ed. São Paulo, Hucitec. 2002.
- DO VALE, F. R.; NETO, A. E. F.; RENÓ, N. B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, V. 31, nº9, 609-616, 1996.
- dos Solos. 6. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. P. 337-375. 1983.

- DOURADO, F; ARRAES, T. C.; SILVA, M. F. The “Megadesastre” in the Mountain Region of Rio de Janeiro State - Causes, Mechanisms of Mass Movements and Spatial Allocation of Investments for Reconstruction Post Disaster. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 35 - 2. p.43-54. 2012.
- ELIAS, E. A.; CICHOTA, R.; TORRAIANI, H. H. Analytical soil temperature model: correction for temporal variation of daily amplitude. *Soil science society of America Journal*, v. 68, n. 3, p.784–788, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos – 2. ed. Ver. Atual. – Rio de Janeiro, 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2007.
- EMBRAPA. Manual de Análises Químicas, Plantas e Fertilizantes. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2017.
- EMBRAPA. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Viçosa. 5ª edição. 2005.
- EVARISTO, J; JASECHKO, S; MCDONNELL, J. J. Global separation of plant transpiration from groundwater and streamflow. *NATURE*. V. 525. P. 91-94. 2015.
- FANG, C. M.; SMITH, P.; MONORIEFF, J. B. Similar response of cabile and resistant soil organic matter pools to changes in temperature. *Nature*, v. 436, p. 881–883, 2005.
- FANTIN, T.Y. Cobertura vegetal e erosão em entressulcos sob pastagem irrigada em Uberaba – MG. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.
- FARIA, A. P. Transport of Sediments in First Order Streams: Geomorphological Responses. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 2, 2014.
- FERNANDES, J. Percepção ambiental: as transformações no cotidiano de caixas de Ubatuba – SP na década de 1960 e na primeira década do século XXI. Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2009.
- FERREIRA, P. A. Drenagem de terras agrícolas. Viçosa, MG. 187p. (Apostila UFV/DEA). 1999.
- FIERRER, N.; GRUINE, J. M.; MCLAUCHLAN, K. Litter quality and the temperature sensitivity of decomposition. *Ecology*, v. 86, n. 2, p. 320–326, 2005.

- FIGUEIREDO, M. A.; FILHO, R. E. F.; VARAJÃO, A. F. D. C.. Soil Quality as Geoindicator to Trail Assessment of the Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brazil. *Anuário de Geociências – UFRJ*. Vol. 35 – 1. p. 199-208. 2012.
- FOX, D. M.; DARBOUX, F.; CARREGA, P. Effects of fire induced water repellency on soil aggregate stability, splash erosion and saturated hydraulic conductivity for different size fractions. *Hydrol process*, v. 21, n. 17, p. 2377– 2384, 2007.
- FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM-A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, v. 3, 2011.
- FRANZINELLI, Elena. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 41, n. 4, p. 587-596, 2011.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa*. Ed. 53. Edidora Editora: PAZ E TERRA. 2016.
- FROTA FILHO, A. B.; PINTO, M. C. . Aspectos Hidromorfodinâmicos no limite entre a Costa do Rebojão e Costa da Terra Nova, Careiro da Varzêa - AM. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2015, Tesresina. *Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades*, 2015. p. 567-574.
- FROTA FILHO, A. B.; PINTO, M. C.. Mensuração e espacialização da “perda” de sedimentos que ocorre na Costa do Arapapá e suas dinâmicas de construção e desconstrução dos espaços, Manacapuru - Amazonas - Brasil. In: XIV Colóquio Ibérico de Geografia, 2014, Guimarães. ? A JANGADA DE PEDRA?? *Geografias Ibero-Afro-Americanas*, 2014. p. 2242-2247.
- FULLEN, M. A. & CATT, J. A. *Soil Management – Problems and Solutions*. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- GARCIA-CORTÉS, A.; URQUÍ, L.C. Documento Metodológico para la elaboracion del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009.
- GOMES, P. K. M.; MENDONÇA, T. C. M The tour da experiência (experience tour) Brazil Imperial roads in Vassouras (RJ). What story is being told? *Revista Mosaico*. 2017 Jan./Jun.; 08 (1): 32-39.
- GOMES, W. P. Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente: [s.n.], 2017.

- GONCALVES, M. S.; EDLER, F. C. Os caminhos da loucura na Corte Imperial: um embate historiográfico acerca do funcionamento do Hospício Pedro II de 1850 a 1889. *Rev. latinoam. psicopatol. fundam.* [online]. vol.12, n.2, pp.393-410. ISSN 1415-4714. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47142009000200013>. 2009.
- GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*. Volume 119, Pages 287-298, Issues 3–4, [https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(08\)80307-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(08)80307-0). 2008.
- GRAY, M. *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. 2a Edição. Chichester, John Wiley & Sons, 2013.
- GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Ltd., Londres/Inglaterra. 2004
- GRUZ, A. P. G.; SOUSA, C. G. S.; TORRES, A. G.; FREITAS, S. P.; CABRAL, L. M. C. Recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 1147-1157. 2013.
- GUERRA, A. J. T. Capítulo 4: O Papel dos Solos sob a Ótica do Geoturismo, da Geodiversidade e da Geoconservação. In: *Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação: abordagens Geográficas e Geológicas*. Org. Jorge, M. C. O e Guerra, A. J. T. Editora Oficina de Textos, 1ª edição. São Paulo. 2018.
- GUERRA, A. J. T. Degradação dos solos – conceitos e temas. In: GUERRA, A. J. T. & JORGE, M. C.O. (Orgs.). *Degradação dos solos no Brasil*. Ed. Bertrand Brasil. 1ª edição, 2014.
- GUERRA, A. J. T. e MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (Orgs.). *Reflexões sobre a geografia física no Brasil – 5º ed.* – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- GUERRA, A. J. T. *Erosão dos solos e movimentos de massa: abordagens geográficas*. Curitiba: CRV. 2016.
- GUERRA, A. J. T. Experimentos e Monitoramentos em Erosão dos Solos. *Revista do Departamento de Geografia da UFRJ*, 16, 32-37. Rio de Janeiro/ RJ, 2005.
- GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário de Geociências*, V. 19. 1996.
- GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; BEZERRA, J. F. R.; SHOKR, M. S. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. *Pedosphere*, v. 27, p. 27-41, 2017.

- GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. DO C. O. Gully Erosion and Land Degradation in Brazil: A Case Study from São Luís Municipality, Maranhão State. In: Dagar, Jagdish Chander, Singh, Anil Kumar. (Org.). Ravine Lands: Greening for Livelihood and Environmental Security. 1ed. Cingapura: Springer Singapore, 2018, v. 1, p. 195-216.
- GUERRA, A.J.T e JORGE, M. Mapping hazard risk. *Geography Review*, v.22, n.3, p.11-13, 2009.
- GUERRA, A.J.T.; FULLEN, M.A.; JORGE, C.O.M.; BEZERRA, J.F.R.; SHOKR, M.S. Slope processes, mass movement and soil erosion: a review. *Pedosphere*, v. 27, n. 1, p. 27-41. 2017.
- GUERRA, A.J.T.; FULLEN, M.A.; JORGE, C.O.M.; BEZERRA, J.F.R.; SHOKR, M.S. Slope processes, mass movement and soil erosion: a review. *Pedosphere*, v. 27, n. 1, pp 27-41. 2017.
- HAROLD, G. In pursuit of ecotourism. *Biodiversity and Conservation* 5, 277-291, 1996.
- HASUI, Y.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. O Embasamento précambriano e o Eopaleozóico em São Paulo. In: IPT. Mapa geológico do estado de São Paulo: escala 1:5000.000. São Paulo, IPT, V1, p.12-45. 1981.
- HEWITT, K; MEHTA, M. Rethinking Risk and Disasters in Mountain Areas. *Revue de géographie alpine/Journal of Alpine Research*, 100-1. 2012.
- HING, N.; DIMMOCK, K. Contemporary tourism issues in Asia Pacific journals 1989-1996: a thematic perspective. *International Journal of Contemporary Hospitality Management* 9/7, 254–269. 1997.
- HOGER, J. L.; CHAVEZ, D. J. Conflict and Management Tactics on the Trail. *Parks & Recreation*, Vol. 33, Issue 9, September 1998.
- HORTON, R.; BRISTOW, R. I.; RLUITENBERG, G. J. Crop residue effects on surface radiation and energy–balance review. *Theoretical and applied climatology*, v. 54, n. 1–2, p. 27–37, 1996.
- <http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>. Acesso em: 10 de março de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados\\_do\\_censo2010.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php)>. Data: 20/12/2010.
- IBGE. Manual técnico de pedologia, Guia prático de campo. 3º edição, Rio de Janeiro, 2016.

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Catálogo de imagens Landsat-5. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em 2nov.2009.
- JACKSON, M. L. Soil chemical analysis: advanced course. Madison: Soil Science Society of America, 1969.
- JORGE, M. C. O. & GUERRA, A. J. T. Erosão dos Solos e Movimentos de Massa-Recuperação de áreas degradadas com Técnicas de Bioengenharia e Prevenção de Acidentes. In: Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas. Editora: Oficina de Textos. São Paulo, 2013.
- JORGE, M. C. O. Degradação dos Solos no Litoral Norte Paulista. In: GUERRA, A. J. T. & JORGE, M. C. O. (Orgs). Degradação dos Solos no Brasil. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.
- JORGE, M. C. O. e GUERRA, A. J. T. Geodiversity, Geotourism and Geoconservation: Concepts, Theories and Methods. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 151-174, 2016.
- JORGE, M. C. O. O Papel das Comunidades Locais, sua Importância e os novos Desafios Acerca da Sustentabilidade Ambiental. In: Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação. Orgs.: Guerra, A. J. T. e Jorge, M. C. O. Editora Oficina de Textos, São Paulo. 2018.
- JORGE, M. C. O. Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba-SP. Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ. Rio de Janeiro. 2017.
- JORGE, M. C. O.; GUERRA, A.J.T.; FULLEN, M. A. Geotourism, Geodiversity and Geoconservation in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. Geography Review, v. 29, p. 23-29, 2016.
- JORGE, M. C. O.; MENDES, I. A.; GUERRA, A. J. T. Técnicas Cartográficas Aplicadas ao Zoneamento Ambiental no Município de Ubatuba-SP. In: Contribuições Teórico Metodológicas da Geografia Física. Organização: Adoréa Rebello. Editora: Universidade Federal do Amazonas. 2010.
- JORGE, M. C. O.; PEREIRA, L, S.; GUERRA, A. J. T.; MOREIRA, R. L. Potencial geoturístico em unidades de conservação: um estudo da trilha Cachoeira da Água Branca situada no Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba-SP. Revista GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.10, p.458– 465, 2014.

- JORGE, M. C. O.; PEREIRA, L. S.; MUNIZ, A. R.; GUERRA, A. J. T. Inventário e caracterização da geodiversidade no sul do município de Ubatuba-SP: exemplos das trilhas Sítio Recanto da Paz e Lama Mole. Anais XII SINAGEO. CRATO/CE. 2018.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia, relações solo-planta. São Paulo: Ceres. 1979.
- KIHN, C. C.; EUGSTER, J. G.; STEINER, F.; JUDD, M.; DIAMANT, R.; GERDTZ, N. CONSERVATION OPTIONS FOR THE BLACKSTONE RIVER VALLEY. *Landscape and Urban Planning*, 13, 81-99, 1986.
- KIRKELS, F.M.S.A.; CAMMERAAT, L.H.; KUHN, N.J. The fate of soil organic carbon upon erosion, transport and deposition in agricultural landscapes — A review of different concepts. *Geomorphology* (226), 94–105, 2014.
- KLAR, A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel. 1984. 408 p.
- KLIK, A.; EITZINGER, J. Climate change and agriculture paper impact of climate change on soil erosion and the efficiency of soil conservation practices in Austria. *Journal of Agricultural Science*, 148, 529–541, 2010.
- KROEFF, L. L. Contribuição metodológica ao planejamento de trilhas ecoturísticas no parque nacional da Serra dos Órgãos (Parnaso, RJ). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.
- LEHNERT M. The soil temperature regime in the urban and suburban landscapes of olomoric, Czech Republic. *Moravian geographical reports*, v. 21, n. 3, p. 27–36, 2013.
- LEPSCH, I. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.
- LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. Editora: Oficina de Textos. 456 Pag. 1º Edição. 2011.
- LEUNG, Y-F.; MARION, J. L. Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem assessment method in Great Smoky Mountains National Park, USA. *Environmental Conservation - Foundation for Environmental Conservation*. 26 (4): 270–279, 1999.
- LI, Y., POESEN, J., VALENTIN, C. Gully Erosion Under Global Change. Sichuan Science Technology Press, Chengu, China. 2004.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba, São Paulo: ESALQ/USP. 1995. 497 p.
- LIMA, M. R. O Solo no Ensino de Ciências no Nível Fundamental. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 383-394, 2005.
- LOPES, C. S. Teachers' Training in Geography: the Construction of the Professionalism. *Ensino Em Re-Vista*, v. 19, nº 2. 2012.

- LOSS, A. A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; PAULO EMÍLIO LOVATO, P. E.; PIERRE CURMI, P.; GUSTAVO BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Total Organic Carbon and Soil Aggregation under a No-Tillage Agroecological System and Conventional Tillage System for Onion. *R. Bras. Ci. Solo*, 39:1212-1224. 2015.
- LOUZADA, C.O.; FROTA FILHO, A. B. Metodologias para o ensino de geografia física. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, 8(14), 75-84. 2017.
- MACÊDO, JOALANA ARAÚJO. O Geoparque Araripe e o desenvolvimento no geossítio Riacho do Meio [recurso eletrônico] / Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza. 2014.
- MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas e fertilidade do solo. In: Manual de química agrícola, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1976.
- MANNING, E. W.; DOUGHERTY, T. V. Sustainable Tourism: Preserving the Golden Goose. Pages 29-42. *Cornell hotel and restaurant administration quarterly*. V. 36, Nº 2, 1995.
- MARCATTO, F.S.; SILVEIRA, H. Relação entre as propriedades físicas e hídricas e os tipos de uso da terra em Neossolos Regolíticos da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. *Caderno de Geografia*, v.27, n.50, 2017.
- MARINHO, P. E. M. M. Companhia Estrada de Ferro D. Pedro II: a grande escola prática da nascente Engenharia Civil no Brasil oitocentista. *Topoi (Rio J.)*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 30, p. 203-233, jan./jun. 2015.
- MARQUELLI, W. A. Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças. In: Circular técnico, Embrapa Hortaliças. 1ª edição 1ª impressão. 2008.
- MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C.; Comportamento Térmico E Caracterização Morfológica Das Fibras De Mesocarpo E Carço Do Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1150-1157. 2009.
- MELO, K. C. Geoecologia da Paisagem do Município de Ubatuba – SP. *Revista GEONORTE*, Edição Especial, V.3, N.4, p. 997-1009, 2012.
- MOCHIUTTI, N. F.; GUIMARÃES, G. B.; MOREIRA, J. G.; LIMA, F. F.; FREITAS, F. I. The Values of Geodiversity: Geosites of the Araripe Geopark, State of Ceará, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 35 - 1 / 2012 p.173-189.

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Capítulo III: Ecologia do solo, In: Microbiologia e bioquímica de solo. 2º ed. Editora UFLA. P. 83-161, 2006.
- MORGAN, R. P. C. Soil Erosion and Conservation. England: Blackwell, 2005.
- MORIN, E. “Por un pensamiento ecologizado”. In TORRES, M. (Org.) Formación de Dinamizadores en Educación Ambiental. Santafé de Bogotá: MEN, ICFES, UDFC & Fondo de Colombia, 13-27p, 2001.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858 (2000).
- NAGLE, G.N. e RITCHIE, J.C. Wheat field erosion rates and channel bottom sediment sources in an intensively cropped north-eastern Oregon drainage basin. *Land Degradation and Development* 15 (1), 15– 26. 2005.
- NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U. A.; MANTESSO-NETO, V. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. Sociedade Brasileira de Geologia. 2008.
- NEVES, C. E.; MACHADO, C.; HIRATA, C. A.; STIPP, N. A. F. The importance of geosystems to geographical research: an analysis based on the correlation between ecosystem and geosystem. *Soc. & Nat., Uberlândia*, 26 (2): 271-285. 2014.
- NUNES, L.H. *Jornal Maranduba News*. Ano I, edição 12. Agosto de 2010. Disponível em <<http://issuu.com/maranduba/docs/jornalmarandubanews12web/6>>. Data: 10/01/2015.
- NWANKWO, C.; OGUGURUE, D. An investigation of temperature variation at soil depths in peuts of Southern Nigeria. *American journal of environmental engineering*, v. 2, n. 5, p. 142–147, 2012.
- OLIVE, N. D.; OLIVE, J. L. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails. *Journal of Environmental Management* 90, 1483–1493, 2009.
- OLIVEIRA, C. S.; SAMPAIO, A. V. O. The Geography Teaching and the Significant Learning at Early Years. *Geopauta*. V. 2, nº 1. 2012.
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; SCHAEFER. C.E. Water-dispersible clay after wetting and drying cycles in four Brazilian Oxisols. *Soil Tillage Res*, v. 83, p. 260-269, 2005.
- ONWUKA B., MANG, B. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Adv Plants Agric Res.*, v. 8, n. 1, p. 34–37, 2018.

- PALOMO, I. Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review. *Mountain Research and Development*, Vol. 37, No. 2, 179–187. 2017.
- PARDINI, G.; GISPERT, M.; DUNJO, G. Relative influence of wildlife in properties and erosion processes in different Mediterranean environments in NE Spain. *Sci Total environment*, v. 328 n. 1–3, p. 237–246, 2004.
- PEREIRA, D.I., PEREIRA, P., BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity assessment of Paraná State, Brazil: An innovative Approach. *Environmental Management*, vol. 52, p. 522–541, 2013.
- PEREIRA, L. S.; JORGE, M.C.O.; GUERRA, A.J.T.; LAGO, T. Diagnóstico de processo hidroerosivo em área degradada por meio de monitoramento de estação experimental em Ubatuba/SP. *Revista GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.10*, p.228– 234, 2014. (a)
- PEREIRA, L. S.; JORGE, M.C.O.; RODRIGUES, A. M.; GUERRA, A.J.T. Contribuição das chuvas de baixa intensidade nos processos erosivos superficiais em ambiente degradado bacia hidrográfica do rio Maranduba, Ubatuba/SP. *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 4, Nº 3, 2015.
- PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. Hydro-erosive processes in degraded soils on gentle slope. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, nº 2, 2016.
- PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. Sistemas de Manejo de Cultivo Mínimo e Convencional: Análise Temporal da Dinâmica Hidrológica do Solo e da Variação Produtiva em Ambiente Serrano. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Volume 6, número 6. 2013.
- PEREIRA, L. S.; SILVA, R. F.; GUERRA, A. J. T.; REZENDE, C. M.; JORGE, M. C. O. Caracterização de substâncias voláteis orgânicas em solos com distintas coberturas vegetais por SPME. *Anais... Simpósio Brasileiro de Cromatografia e Técnicas Afins*. Campos do Jordão, SP, 2014. (b)
- PEREIRA, L.S. (UFRJ); FROTA FILHO, A.B. (UFRJ); RODRIGUES, A.M. (UFRJ); GUERRA, A.J.T. (UFRJ); OLIVEIRA, M.C. (UFRJ). Perfil De Solo Como Ferramenta Para A Educação Ambienta. *Anais XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia*, 2018.

- PEREIRA, L.S., RODRIGUES, A.M. Sistemas de Manejo de Cultivo Mínimo e Convencional: Análise Temporal da Dinâmica Hidrológica do Solo e da Variação Produtiva em Ambiente Serrano. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 6(6), 1658-1672. 2013.
- PEREIRA, P.J. Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Nacional de Montesinho. Tese. (Doutorado em Ciências – Geologia). Universidade do Minho. Portugal, 2006. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6736>>. Acesso em: 15/12/2018.
- PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D’AGOSTINHO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. Mapa Geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil – PGB, CPMR, São Paulo. 2005.
- PIMENTEL, D. Soil Erosion: A Food and Environmental Threat. *Environmental Development and Sustainability* (8), 119-137, 2006.
- PODWOJEWSKI, P.; POULENARD, J. NGUYET, M. L.; ROUW, A.; NGUYEN, V. T.; HA PHAM, Q.; TRAN, D. C. Climate and vegetation determine soil organic matter status in an alpine inner-tropical soil catena in the Fan Si Pan Mountain, Vietnam. *Catena* (87), 226–239, 2011.
- RAMALHO, M. F.J.L.; GUERRA, A. J. T. Relação entre erosão e deposição, comparando-se tais eventos com a textura de materiais colúvio-aluviais: uma análise preliminar. *Revista GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.660-664, 2014.*
- RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T.. Degradação de trilhas na Reserva Ecológica da Juatinga em Paraty – Rio de Janeiro. *Rev. Ambient. Água vol. 9 n. 4 Taubaté. 2014.*
- RANGEL, L. A.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A.J.T.; FULLEN, M.A. Geotourism and Soil Quality on Trails Within Conservation Units in South-East Brazil. *GEOHERITAGE*, v. 11, p. 1-11, 2019.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole. 1987.
- RODRIGUES, A. M.; PEREIRA, L. S.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Análises físico-químicas de solo de taludes de corte de mineração: o contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio maranduba, Ubatuba/SP. *Revista Caminhos de Geografia*. v. 19 n. 67. P. 157-174. 2018.
- RODRIGUES, M. L.; FONSECA, A. A VALORIZAÇÃO DO GEOPATRIMÓNIO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE ÁREAS RURAIS. Comunicação apresentada no VII CIER – Cultura, Inovação e Território. 2008.

- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: Problemática, Tendências e Desafios. 5. Ed, 244 p. – Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2017.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Editora: UFC, 3 edição. 22 Pag, 2010.
- ROSEGHINI, W. F. Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2007.
- ROSS, J. (org.). Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, p.115-117. 1995.
- ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos. p. 69-84. 2009.
- SAFARI, A.; KAVIAN, A.; PARSAKHOO, A.; SALEH, I; JORDÁN, A.. Impact of different parts of skid trails on runoff and soil erosion in the Hyrcanian forest (northern Iran). Geoderma, Volume 263, Pages 161–167. 2016.
- SALGADO, C. M. Erodibilidade de coberturas sedimentares pedológicas e variabilidade espacial de propriedades pedológicas físicas em cabeceiras de drenagem em anfiteatro – Bananal (SP/RJ). Dissertação de Mestrado, UFRJ - Rio de Janeiro, 1995.
- SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. Revista Brasileira de Climatologia (online), v. 8, p. 45-60, 2011.
- SANTOS, D. D.; GALVANI, E. Seasonal and time distribution of rainfall in Caraguatatuba-SP and extreme events occurring in the years 2007 to 2011. Ciência e Natureza, Santa Maria, V. 36, nº2, 214-229, 2014.
- SANTOS, L. B. Conflitos de Uso dos Recursos Naturais em Áreas Protegidas, Percepção Ambiental e Potencialidades para o Turismo de Base Comunitária: um Estudo na Vila de Trindade (Paraty-RJ). Tese. Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ. 2016.
- SANTOS, M. L.; MORAIS, E. S.; SILVEIRA, H.; Alves, F. C. Study of overland flow in the ivaí river basin, Paraná, Brazil. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 14, nº 3. 2013.
- SATO, M. Debatendo os desafios da educação ambiental. In: I Congresso de Educação Ambiental Pró Mar de Dentro. Rio Grande: Mestrado em Educação Ambiental, FURG & Pró Mar de Dentro, 2001.

- SCHAEFER, C.E.G.R. The microestrutura of Brazilian Oxisols as long-term biotic constructs. *Austr. J. Soil Res.*, v. 39, p. 909-926, 2001.
- SCHIESSL, M. ONTOLOGY: the term and the idea *Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.*, Florianópolis, n. 24, p. 172-181, 2º sem.2007.
- SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. *Revista Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*. V. 6, n. 2, p. 37-51. 2011.
- SHARPLES, C. Concepts and principles of geoconservation. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service web site. 3. ed. Set, 2002.
- SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. – 6º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo state for coastal management. In: *Journal of Coastal Research - Proceeding of the Brazilian sandy beaches: Morphodynamics, ecology, uses, hazards and management, special issue nº 35*, 530-547, 2003.
- SOUZA, I. D.; FAGOTTI, L. D.; SATURNO, F. D.; CERZINI, P.; CERVANTES, M.N V.; NOGUEIRA, A. M.; Adubação Verde Associado A Pó De Basalto E Fosfato Natural Em Sistemas Agroecológicos No Sul Do Paraná E Norte De Santa Catarina. *Cadernos de Agroecologia*, v.6, n. 2. 2011.
- STANLEY, M. Geodiversity strategy. -In: *Progeo news 1: 6-9*. 2005.
- STARZYNSKI, R. Avaliação quantitativa do uso dos recursos hídricos em unidade de conservação e entorno: estudo de caso do Parque Estadual da Serra do Mar. 2014. 79 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.
- STEMPNIAK, A.; BATISTA, G. T.; MORELLI, A. F. Avaliação da transformação da paisagem na bacia do ribeirão Vidoca, São José dos Campos, SP, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 2, n. 3: 83-97. 2007.
- STRAFORINI, R. O Ensino de Geografia Como Prática Espacial de Significação. *Estudos Avançados* – 32 (93). 2018. DOI: 10.5935/0103-4014.20180037.
- STROOSNIJDER, L. Measurement of erosion: Is it possible? *Catena*, Volume 64, 162-173. 2005.

- SUERTEGARAY, D. M. A. Erosão nos campos sulinos: arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Goiânia, v. 12, número especial, p. 61-74, 2011.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de campo em Geografia. *GEOgraphia* (UFF), Niterói/RJ, v. 7, p. 92 – 99. 2002.
- SUERTEGARAY, D. Pesquisa de Campo em Geografia. *GEOgraphia*, 4, 2009. Disponível em: <http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/view/78/76>. Acesso em: 04 Jun. 2015.
- TEIXEIRA, L.; LAURA, F. M.; ROMÃO, P. A. Análise Integrada Do Meio Físico Como Subsídio Ao Diagnóstico De Processos Erosivos Na Bacia Do Ribeirão Extrema Em Anápolis (GO). *B.goiano.geogr*, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 127-142, jul./dez, 2009.
- TEREFE, T.; MARISCAL, S. I., PEREGRINA, F. Influence of heating on various properties of sic Mediterranean soils. A laboratory study. *Geoderma*, v. 143, n. 3–4, p. 273–280, 2008.
- THOMAZ, E. L. & VESTENA, L.R. Measurement of runoff and soil loss from two differently sized plots in a subtropical environment (Brazil). *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 37, 363-373. 2012.
- TOMINAGA, L. K. Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo. 2007.
- TRICART, J. L. F. Paisagem e Ecologia: Igeo/USP. São Paulo. 1981.
- TROEH, F. R. e THOMPSON, L. M. Solos e Fertilidade do solo. Tradução: Durval Dourado Neto e Manuella Nóbrega Dourado. São Paulo: Organização Andrei Editora, 2007.
- USDA (United States Department of Agriculture). [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2\\_054167](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167). Acesso em 05/03/2019.
- VALENTIN, C; POESEN, J; LI, YONG. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, V. 63 132–153. 2005.
- VAN ELSAS, J. D.; Garbeva, P.; SALLES, J. Effects of agronomical measures on the microbial diversity of soils as related to the suppression of soil-borne plant pathogens. *Biodegradation*. Volume 13, Issue 1, pp 29–40. January 2002.
- VERDUM, R. Tratados internacionais e implicações locais: a desertificação. *GEOgraphia* (UFF), v. 11, p. 79-88, 2004.

- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.213-223. 2011.
- VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 06, nº 11. 2007.
- WAUTERS, E.; BIELDERS, C.; POESEN, J.; GOVERS, G.; MATHIJS, E. Adoption of soil conservation practices in Belgium: An examination of the theory of planned behaviour in the agri-environmental domain. *LAND USE POLICY*. Vol.27(1), p.86(9). 2010.
- WEBB, B. H.; RAGLAND, H. C.; GODWIN, W. H.; JENKINS, D. *Environmental Management*, Vol. 2, No. 3, pp. 219-233. 1978.
- WILLARD, B. E.; MARR, J. W. Effects of Human Activities on Alpine Tundra Ecosystems in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Biological Conservation*, V. , Nº 4. July, 1970.
- WINCK, B.R.; VEZZANI, F.M.; DIECKOW, J.; FAVARETTO, N.; MOLIN, R. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:980-989. 2014.
- ZHANG, L.; GAO, Z.; YANG, S.; LI, Y.; TIAND, H. Dynamic processes of soil erosion by runoff on engineered landforms derived from expressway construction: A case study of typical steep spoil heap. *Catena* (128), 108–121, 2015. (a)
- ZHANG, L.; WANG, J.; BAI, Z.; L, C. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. *Catena* (128), 44–53, 2015. (b)
- ZHANG, X.; LI, Z.; TANG, Z.; ZENG, G.; HUANG, J.; GUO, W.; CHEN, X.; HIRSH, A. Effects of water erosion on the redistribution of soil organic carbon in the hilly red soil region of southern China. *Geomorphology* (197), 137–144, 2013.
- ZHAO, G.; MU, X.; WEN, Z.; WANG, F; GAO, P. Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the loess plateau of china. *Land degradation & development* *Land Degrad. Develop* (24), 499–510, 2013.
- ZHAO, Y. M.; XAO, MONG, M. A., WANG, L. Variations of soil temperature and soil moisture in Northern Tibetaplateau. *Journal of Glaciology and Georcyology*, v. 29, n. 4, p. 578–583, 2007.

- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. *Soil Research*, Collingwood, v. 49, n. 7, p. 614–624, 2011.
- ZUAZO, V. H. D.; PLEGUEZUELO, C. R. R.; PEINADO, F. J. M.; GRAAFF, J.; MARTÍNEZ, J. R. F.; FLANAGAN, D. C. Environmental impact of introducing plant covers in the taluses of terraces: Implications for mitigating agricultural soil erosion and runoff. *Catena* (84), 79–88, 2011.
- ZWOLIŃSKI, Z; NAJWER, A; GIARDINO, M. Methods for Assessing Geodiversity. *Geoheritage*. Pages 27-52. 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00002-2>.

**ANEXOS 1 – Difusão e popularização dos conhecimentos científicos sobre o clima, volume e variação de chuva para comunidades locais de onde foi desenvolvida a pesquisa**

Página 12
Jornal MARANDUBA News
Março 2017

## "Maranchuva": Pesquisa fala de anos de monitoramento das chuvas na região

**Ezequiel dos Santos**

Neste último verão, o calor foi quase torrencial, esta era a reclamação comum entre a população. Raios e trovões danificavam a rede elétrica constantemente, os ventos derrubavam árvores sobre postes e fios. Depois de algumas horas a energia elétrica estava restabelecida, porém quando faltava água nas torneiras era comum a seguinte indagação: "Passo dias sem energia, mas sem água impossível!". Neste momento a água passou a ter um valor inestimável, muitos se lembraram dela como um bem que não pode faltar, principalmente em casa.

Foi pensando neste bem finito que o Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ, orientado pelo Prof. Dr. em geografia Antonio José Teixeira Guerra e que desenvolve seu projeto de doutorado no LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos), Leonardo dos Santos Pereira trabalhou a questão das chuvas na região sul de Ubatuba.

Foi monitorado constantemente o regime de chuva dos últimos oito anos, o resultado está planejado, com dados diários desta coleta, entre 2008 e 2016, em tabelas que podem ser acessadas por qualquer pessoa através do site da LAGESOLOS/UFRJ ([www.lagesolos.ufrj.br](http://www.lagesolos.ufrj.br)). Segundo relatório da ONU feito em 2015, a escassez de água afetará dois terços da população mundial em 2050, ou seja, trabalho, educação e dedicação serão necessários para garantir água potável e segurança alimentar para todos.

Algumas medidas, como evitar o desperdício e não sujar as águas do rio pode diminuir o caminho à escassez de água ou sua total poluição. Mas também entender sua dinâmica, o volume mês a mês, seus períodos, por onde ela passa, quais os bancos de água em nossa região isso ajuda a respeitar seu ciclo e este bem do patrimônio natural, que por sinal, faz muita falta a maior parte da população do planeta.

**Tabelas**

Numa das tabelas é possível relacionar, como média, o recente estudo – 8 anos mais seco (1.964mm) – em relação ao resultado dos últimos 30 anos (2519 mm) – mais chuvosos e úmidos. O estudo é público e tem como objetivo orientar, informar e disponibilizar dados precisos as várias áreas do conhecimento e das práticas cotidianas. Também de esclarecer como funciona o regime de chuvas na região e se adaptar ela.

Dependendo da atividade ou profissão qualquer pessoa tem a possibilidade de iniciar o planejamento de suas atividades, simples ou complexa, por exemplo. Pouca gente percebe, porém, é bom lembrar que apesar da maioria das pessoas reclamarem da chuva, ainda mais num lugar turístico como Ubatuba, ela é fundamental para as plantas, animais, solos, alimentar as nascentes e rios, ajudar nos ciclos da produção, renovar a flora e até a fauna entre outros benefícios.

Isto é, na realidade, estas chuvas ajudam cada vez mais na economia regional embora pareça o contrário. As belezas naturais nesta paisagem admirável não são nada sem as chuvas. O que seria da região sem água?

**Tendências de chuvas na região**

O regime de chuvas já é uma preocupação de especialistas no que diz respeito à educação. Este tema pode ser tratado com maior ênfase em salas de aula e fora dela, já que na prática "Maranchuva" tem muito a mostrar das águas que caem do céu.

Segundo o professor Guerra – orientador do projeto, "o estudo mostra que, apesar de chover muito na região, esses últimos oito anos foram mais secos, ou menos úmidos do que o período dos últimos 30 anos e a população tem que saber disso.

Além, aqueles anos onde houve problemas de abastecimento de água em várias cidades paulistas. Acredito que não chegou a haver problemas na região sul

**TOTAL DE CHUVA MENSAL DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP**  
Valores da precipitação média (milímetros e porcentual) para o mês de janeiro e dezembro entre 2009 e 2016 e média mensal anual de 8 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do Banco de dados climáticos de Brasil (2015)  
Elaborado por: Leonardo dos Santos Pereira

Mês	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Média de 8 anos		Média de 30 anos (1983-2012)					
	mm	%	mm	%	mm	%																		
janeiro	223,0	8,9	198,9	7,9	202,0	8,0	222,0	8,8	223,0	8,9	223,0	8,9	223,0	8,9	223,0	8,9	223,0	8,9	223,0	8,9	223,0	8,9		
fevereiro	191,0	7,5	198,1	7,9	149,0	5,9	228,3	9,2	92,1	3,6	132,0	5,2	151,8	5,9	72,0	2,9	152,2	5,9	152,0	5,9	152,0	5,9		
março	91,0	3,6	227,2	9,4	604,9	24,2	114,4	4,5	267,6	10,7	252,9	10,0	240,9	9,6	203,4	8,0	250,6	9,9	250,0	9,9	250,0	9,9		
abril	215,7	8,7	256,0	10,3	394,3	15,7	79,2	3,1	167,7	6,7	226,0	9,0	92,8	3,7	8,0	0,3	166,4	6,7	241,0	9,6	241,0	9,6		
maio	196,7	7,9	127,3	5,1	110,0	4,4	193,0	7,7	169,3	6,7	252,0	9,9	204,2	8,2	144,0	5,7	115,7	4,6	124,0	4,9	124,0	4,9		
junho	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8	120,0	4,8		
julho	92,0	3,6	66,0	2,7	116,1	4,6	18,9	0,7	27,6	1,1	83,9	3,3	20,0	0,8	94,0	3,7	64,6	2,6	93,8	3,7	93,8	3,7		
agosto	242,0	9,6	266,4	10,7	121,4	4,9	41,7	1,6	95,8	3,7	213,4	8,4	237,4	9,5	76,0	3,0	110,1	4,4	166,0	6,6	166,0	6,6		
setembro	287,0	11,5	85,7	3,4	160,0	6,4	138,1	5,4	199,0	7,9	68,2	2,7	117,3	4,6	330,8	13,1	174,6	6,9	210,0	8,4	210,0	8,4		
outubro	130,0	5,1	174,7	7,0	90,0	3,6	204,0	8,1	185,7	7,4	116,7	4,6	120,0	4,8	244,0	9,6	120,0	4,8	246,0	9,7	246,0	9,7		
novembro	200,0	7,9	135,5	5,4	200,0	8,0	260,0	10,3	100,0	4,0	100,0	4,0	140,0	5,6	200,0	8,0	200,0	8,0	200,0	8,0	200,0	8,0		
dezembro	213,6	8,5	220,0	8,8	211,0	8,4	171,0	6,8	200,0	8,0	161,0	6,4	150,0	5,9	166,0	6,6	166,0	6,6	166,0	6,6	166,0	6,6		
<b>Total</b>	<b>2136,4</b>	<b>8,5</b>	<b>2220,0</b>	<b>8,8</b>	<b>2110,0</b>	<b>8,4</b>	<b>1710,0</b>	<b>6,8</b>	<b>2000,0</b>	<b>8,0</b>	<b>1610,0</b>	<b>6,4</b>	<b>1500,0</b>	<b>5,9</b>	<b>1660,0</b>	<b>6,6</b>	<b>1660,0</b>	<b>6,6</b>	<b>1660,0</b>	<b>6,6</b>	<b>1660,0</b>	<b>6,6</b>	<b>1660,0</b>	<b>6,6</b>

de Ubatuba por causa das centenas de nascentes que existem na Mata Atlântica. Estas não chegam a secar, bem como a demanda não é tão elevada. Mas reparem bem na tabela, que apesar de em todos os meses, a média ter sido menor para o período de 8 anos, em relação aos meses de inverno (junho e julho), a média destes anos (oitto) foi maior do que o período dos últimos 30 anos de monitoramento", conclui Guerra.

**A importância do estudo sobre as chuvas às pessoas e a paisagem**

Para entender o quanto equivale 10 mm (10 milímetros) de chuva em nosso cotidiano, é necessário saber que a chuva é medida em altura. Isto é, a chuva é quantificada por m<sup>2</sup> (metro quadrado). Portanto, quando se fala que choveu 10 mm de chuva em um dia, significa dizer que em 1 m<sup>2</sup> a chuva alcançou uma altura de 10 mm. Basta imaginar uma bacia de lavar roupas que possui 1 m<sup>2</sup>, se a deixarmos exposta no quintal durante todo o período que durou a chuva em um dia, nota-se que naquela bacia ficou armazenada uma quantidade de chuva que alcançou uma altura de 10 mm, por exemplo.

Agora, quando passamos a altura da chuva de milímetros (mm) para litros (L), começamos a entender melhor o volume do que choveu, trazendo assim esta forma de medir mais para a realidade do conhecimento popular. Desse modo, 1 milímetro (mm) de chuva equivale a 1 litro. Logo, se tivemos uma precipitação de 10 mm, significa dizer que choveu 10 litros. Vamos pensar na bacia novamente: se na bacia de 1 metro quadrado a chuva conseguiu alcançar uma altura de 10 mm, quer dizer que choveu 10 litros em 1 metro quadrado.

Na região da Maranduba, por exemplo, no pluviômetro (instrumento que mede a quantidade de chuva que cai em determinado lugar ou época) instalado na casa do Geógrafo e professor titular da UFRJ Antônio José Teixeira Guerra e da Geógrafa doutora Maria do Carmo Oliveira Jorge da UFRJ, choveu no mês de janeiro de 2016 425 mm, ou seja, somou-se o quanto choveu durante todos os dias do mês de janeiro. Nesse caso, choveu em um metro quadrado (lembre-se da bacia) 425 litros. Essa água coletada diariamente através do balde, em 1 metro quadrado, é o suficiente para encher aproximadamente 212 garrafas pets de dois litros. Agora imagine quanta chuva se acumula em uma área de 1000 m<sup>2</sup>. Na pesquisa que desenvolveu em uma estação experimental de erosão de solo, estuda-se a relação da chuva com a erosão de solo, ou seja, como a chuva pode influenciar na degradação dos ambientes. A chuva é muito importante para a regulação da temperatura, abastecimento do lençol freático e, em específico na Maranduba, também ajuda na formação e manutenção das cachoeiras, por exemplo, que são pontos turísticos importantes do bairro.

Por isso, essa pesquisa orientada pelo Professor Antônio J. T. Guerra explica que a chuva não representa um problema, principalmente no município de Ubatuba, pois ela é fundamental para manter todas as funções ambientais em equilíbrio. O problema surge quando ocorrem modificações não planejadas com devido cuidado nesses ambientes naturais, deixando os solos expostos, por exemplo. Nesse caso, a chuva é um dos fatores que vai acelerar a erosão, transportando partículas de solo para os rios, por exemplo, provocando o assoreamento dos mesmos. Por isso, a pesquisa por meio do monitoramento da chuva e erosão são importantes, pois ajudam a entender o ambiente e criar meios de planejar adequadamente o espaço, ajudando na sustentabilidade.

Portanto, apesar do bairro da Maranduba apresentar índices de chuvas no total anual elevados, sendo Ubatuba um dos municípios que mais chove no Brasil, essa chuva é fundamental para sustentar a vida na floresta, dos animais, das nascentes e rios e da própria população.

Leonardo dos Santos Pereira: Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ que desenvolve seu projeto de tese no LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos) da UFRJ e autor do estudo, é orientado pelo Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra, Professor Titular do Departamento de Geografia.

**VIDRAÇARIA SERTÃO DA QUINA**

**Luciano**  
(12) 99718.4888  
(12) 3849.8715

Rua Padre João Bayle, 1830 - Sertão da Quina

**Marbela Temporada**

**ALUGAMOS**  
casas - aptos. - kits e chácaras  
Econômicas e Alto Padrão

Visite-nos em:  
[www.marbelatemporada.net](http://www.marbelatemporada.net)

Av. Neraceli, 0 Rosa dos Santos, 70  
Praia da Maranduba - Ubatuba - SP  
(12) 3849.8576 - (12) 9769.3896

**Auto Posto Shopping**  
**Canto da Sereia**

**Combustíveis**  
**Lavagem - Troca de Óleo**  
**Loja de Conveniência**

**Rua Ten. Manoel Barbosa da Silva, 50 - Maranduba**  
**Tel: (12) 3849.8321 - [www.maranduba.com.br/sereia](http://www.maranduba.com.br/sereia)**

**Figura 66.** Divulgação no jornal do bairro dos dados de chuva, bem como explicação didática de como se afere a altura da chuva. Fonte: <http://jornalmaranduba.com.br/wp-content/uploads/2019/05/jornalmarandubanews94web.pdf>

## ANEXOS 2 – acesso aos dados de chuva para a comunidade local

 <b>TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP</b> <b>ANO 2008</b> <i>Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira</i> 												
Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1						27,5	0	0	0	2	1,8	0
2						10	0	0	0	4	0,2	1
3						0	0	6	0	0,5	12,5	20
4						15	0	17	0	0	0	3
5						0	0	2	7,5	2	0	0
6						0	0	0,5	1,5	7	0	0
7						0	0	0	0	0	5	0
8						0	0	16,5	8,5	0	0	0
9						0	0	38	12,5	45	0	0
10						0	0	28	2,7	1,5	2	0
11						0	0	0,1	0,5	0	40	1,2
12						0	0,5	0	0	0	5	10
13						0	0	0	0	0	10	0,2
14						5	0	4,5	10	0	0,5	0,2
15						0	0	3,5	5	0	6	2
16						12,5	0	0,2	12,5	0	0	25
17						0	0	0	10,5	5	75	12,5
18						0	0	0	12,5	75	130	2
19						0	0	0	3	70	130	0
20						0,1	0	0	0,5	25	110	2
21						0	0	0	4	2	0,2	12,5
22						0	0	0	3	0	5	3,2
23						0,2	0	45,5	0	0	4	0
24					0	0,1	0	37	0,2	0	2	0
25					0	12,5	0	1	0	0	0	6,8
26					0	20	0	0	0	0,5	3	20
27					0	0,2	0	0	0	0	3	48
28					0	0	0	0	30	3	8	6
29					0	0	0	0	22,5	1,5	0,5	0
30					0,5	0	0	14,5	2,5	4,5	1,5	0
31					0	0	0	6	0	0,2	0	1
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>103,1</b>	<b>0,5</b>	<b>214,3</b>	<b>149,4</b>	<b>248,7</b>	<b>555,2</b>	<b>176,6</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1448,3</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2009**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0	0	0	1,8	0	3,8	0	20	0	16	2	0
2	2,2	0	0	11,5	68	6	0	0	0	0	0,5	0,7
3	22	30	0	2,4	0,5	3	0,5	0	0	0,5	0	0
4	0,5	10	0	1	0	0	0	0	13	1,8	0	12,5
5	2	2	0	0	0	0	0	0,5	0	10	0	12,5
6	0	1	0	0	8	0	0,5	0	0	1	2,3	1,6
7	0	0	2	3	0	0	0	0	2	6,2	0	1,2
8	0	0	3	35	6	0	0,5	0,5	0	22,5	0	35
9	0	9	0,5	27,5	0	0	0	0	0	45	11,6	50
10	40	3	1,5	1	8	0	0	2	8	4	0	14
11	1	2	4	0	0	6,5	5	2,5	0,5	5	3	9
12	0	5	4,5	0	0	3,2	35	4	4	0,5	5	8
13	0	20	3	1	0	6	0	0	0	5,8	0	1,2
14	0	4	1	3	0	1,2	0	0	0,5	0,5	1,5	3
15	1	55	0	0	1	0	20	0	24,5	0,9	0	0,2
16	0	2	9	40	6	0	0,5	0	5	5	30	0
17	0	0	2	0,5	0	0	0	0	1	18	12,5	0
18	11,5	0	0	0	0	0	0	0,5	10	34	0	22,5
19	0	0	27,5	0	0	0	5	5,5	0	1	0	10
20	0	0	0,5	0	8	0	4	25,5	2	20	0	20
21	0	0	0	130	3	0	2	0	12	0	6	0,5
22	30	0	0	10	0	0	0	0	30	5	18	0
23	45	0	5,5	0	0	0	0	2	0,7	4,5	0,5	0
24	17,5	0	8	4	0	0	4,2	6	2,6	12	31	0
25	12,5	25	0	0	0	0	50	6	0	0,5	0,6	0
26	1,5	10	0	0	5	7	15	6,5	0	0,5	0,5	10
27	3	8	6	0	10	33	6	0	0	1,5	0	1,8
28	26	5	0	0	0	0	0,5	0,5	0	31	1,5	37
29	1		2	5	35	30	33	0	6,5	26,5	0,5	22,5
30	2,4		10	0	8	0	13	0	40	8	3	30
31	4		1,6		0		15	0		0,5		0,5
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>223,1</b>	<b>191</b>	<b>91,6</b>	<b>276,7</b>	<b>166,5</b>	<b>99,7</b>	<b>209,7</b>	<b>82</b>	<b>162,3</b>	<b>287,7</b>	<b>130</b>	<b>416,2</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2336,5</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2010**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	120	0	53	35	0	10	0	0	0	0	0	23
2	74	0	19,3	0,5	0,5	28	0	15	0	4,2	0,5	17,5
3	0,5	0	0,5	0	0	0	0	12	0	25	0	20
4	0,5	0	6,5	7	0	0	0	17,5	0	3	0	24
5	0	0	28	35	0	0	0	10	10	0,5	0	0
6	0,5	0	0	30	1	0	0	0,5	30	3,8	1	2
7	0	0	22,5	35	0	52	0	0,5	20	0,5	10	38
8	0	0	0	3,5	0	0	0	0	10	0	0	7
9	4	4	0	12,5	15	1	0	0	5	0	0	0,8
10	0	9	0	9	16	1	0	1	2	0	0	2
11	19,5	33	0	3,4	1	0	0	4,6	0	0,5	37	12,5
12	15,5	0,5	0	0,5	10	35	0	0,5	1	0	8	1
13	6,5	0	0	12,5	0,5	1	25	0	0	0	17	20
14	12,5	0	0	0,5	0	0	30	0	0	0	15	10
15	65	0	22,5	0	0,5	0	40	0	0	0	9	5
16	14	0	0,5	0	0	0	20	0	12,5	0,5	22	20
17	0	5	3	0	0	0	10	3	0	0	4	35
18	2	33	1	0	0	0	15	0	1	17,5	2	3
19	2,6	4	2,2	0	0	0	5	0	7,5	4	0	4
20	2	2,5	0	0	2,6	0	0,5	0	0,5	0	0	0
21	9,5	0,5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	11	0	0,5	0	3	17,5	0	0	0	0	0	11
23	0,8	0	0	0	0,5	22,5	0	0	0	6	2	5
24	12,5	5,8	0	3	0	3,5	10	0	0	1	3	60
25	6	45	0	1	0	0	1	0	10	1	0	0
26	1	54	0	0	0	0	0	0	5	12	22,5	0
27	70	2	0	0	55	0	1	0	10	5,2	0	3
28	1	0	11,5	3	1	0	61	0	30	0	0	0,5
29	6		0,5	10	0	0	0,5	0	0	0	0	0
30	0		31,5	3	0	0	0	0	12	0	22,5	1,8
31	0		9,2	2	0,5		0	0		11		6
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>456,9</b>	<b>198,3</b>	<b>227,2</b>	<b>206</b>	<b>107</b>	<b>171,5</b>	<b>219</b>	<b>64,6</b>	<b>166,5</b>	<b>95,7</b>	<b>175,5</b>	<b>332,1</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2420,8</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2011**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	4	0,8	86	20	0	0	0	0,5	15	0	15	0
2	25	0	11	1	11	0	0	6	0	0	0,5	12,5
3	17	39	127	62	0,5	0	0	0	0	31	0	7
4	17,5	0	15	12,5	0	0	0	3	0	0	0	0
5	23	0,5	9	1,5	0	2	0	0	0	0	0	0
6	1	0	3	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5
7	4	0	4	1,6	0	0	0	0	0,5	0	0	4,5
8	1	0	1,5	1	0	7	0	0	0	12	0	0,3
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5
10	10	0	4	8	0	13	0	3,5	0	0	0	3
11	15	0,6	16	55	47,5	0,5	0	37,5	1	1	0	0,5
12	20	0	5	0,5	0,5	0	0	0	15	0	0	0
13	20	0	4	1,5	3	0	0	0	1	4	0	0
14	9	0	0	0,5	2	0	0	3	17	7,5	20	3,5
15	17,5	0	0	1,2	15	0	0	6,5	37,5	7	8	4
16	34	49	120	1	5	5	0	0	11	22	7,4	0,4
17	0,5	24	12,5	0,5	15	0	0	0	0	10	9	0
18	11	0	1	0,5	0	0	0	0	0,5	41	0	0
19	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1,3
20	0	0	8	5	0	0	0	0,5	0	14	0	7
21	1,6	0	35	0	3	0	0	37	0	0	0	0
22	0	0	6,2	0	0	0	0	3,5	5,4	0,5	10	0
23	0	25	0,5	0	0	6	30	1,5	0	0	2	0
24	0	0	0	0	0	3,4	9	3	0	0	0	17,5
25	0	10	0	182	0	0	0,5	2	10	0	0	0
26	0	0	0	17,5	0	0	0	5	0	0	0	140
27	0	0	18	1,6	4	19	0	3,5	0	0	10	18
28	0	1	0	0	3,4	1	0	0	7,5	0	0	1
29	0		30	2	0,5	0	0	0,5	0	0	0	4
30	0		6,2	4,8	0	0	0	0	0	1	2	0,4
31	0		82		0,5		6	0		5		0
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>231,6</b>	<b>149,9</b>	<b>604,9</b>	<b>394</b>	<b>111</b>	<b>56,9</b>	<b>45,5</b>	<b>116,5</b>	<b>121,4</b>	<b>160</b>	<b>90,9</b>	<b>230,4</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2312,6</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2012**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	41,0	0,0	0,0	2,0	33,0	5,0	0,0	10,0	0,0	0,0	1,0	1,0
2	12,0	8,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	10,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	13,0	2,4	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0	13,2
4	0,0	0,0	0,3	17,5	0,0	20,0	0,0	0,0	10,3	1,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	3,4	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
7	8,5	0,0	0,0	0,0	2,3	8,0	10,4	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0
8	1,0	0,0	0,0	2,0	2,4	20,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	8,3	0,0	0,0	2,0	0,0	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
10	6,0	17,5	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	2,3
11	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	5,0
12	5,4	110,0	0,0	0,0	0,0	16,4	4,0	0,0	0,0	8,5	4,0	2,0
13	7,5	0,8	0,0	0,0	10,0	2,3	0,0	0,0	0,0	32,0	6,0	15,4
14	22,0	0,0	1,0	0,0	24,0	0,0	25,0	0,0	10,4	40,0	20,4	24,0
15	2,0	0,0	4,3	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	1,4	3,0	2,0	4,3
16	0,0	0,0	2,0	5,0	35,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
17	1,0	0,0	27,5	0,0	22,0	0,0	73,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	9,0	0,0	3,0	2,5	4,0	0,0	27,0	0,0	0,0	6,0	25,0	0,0
19	9,5	0,0	0,0	3,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
20	4,0	0,0	0,0	0,3	3,0	17,3	0,0	0,0	0,0	12,3	2,0	13,0
21	0,5	0,0	1,0	3,0	1,0	6,4	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	6,0
22	1,0	0,0	0,0	14,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0
23	0,0	17,0	33,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	8,0
24	0,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	4,0	4,0	2,3	25,0
25	0,0	0,0	0,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	1,2	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	3,0	0,0	10,0	0,0	20,3	0,0
27	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,3	0,0	7,0	0,0
28	55,0	0,0	8,3	5,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	10,0	20,0
29	0,3	0,0	4,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
30	0,0		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	1,0	12,5
31	0,0		1,0		7,5		2,8	13,0		7,4		0,0
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>220,2</b>	<b>228,3</b>	<b>112,4</b>	<b>79,2</b>	<b>193</b>	<b>151,1</b>	<b>179,7</b>	<b>15,5</b>	<b>41,7</b>	<b>138,3</b>	<b>204</b>	<b>160</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1723,4</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2013**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0	0	13	0	0	0,5	25	0	0	1	12,5	9
2	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	56	0	0	3,4	0	0	0	0	0	3	0	0
4	70	2	0	3,2	0	1	0	1	0	14	0	0
5	40	16,3	0	0	0	0	0	0	13	16	5	40
6	0,5	4	10	0	24	0	0	0	58	0	15	1
7	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
8	0	15	0	14	0	0	2	0	0	0	0	0
9	3	1	7	5	0	60	3,2	0	0	16	0	0
10	14	0	8	0	0	0	30	0	0	0	0	60
11	50	4,4	7	6,4	0	0	0	0	0	0	0	35
12	0	1	25	6	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2,3	0	3	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11	0,5	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0
15	10	0	12	0	0	0,5	25	0	0	1	0	0
16	7	1,4	1	0	0	0	0	0	0	0	35	0
17	4	0	3	0	40	2,3	0	2	0	12	0	0
18	13	2	130	0	15	0	0	17,5	0,2	10	0	1
19	8	0	4	0	18	0	0	7	10	9	0	0
20	5,3	0	3	0	0	0	10	0	0	22	0	0
21	8	0	1,3	1,4	2	0	0	0	0	0	0	0
22	30	0	0	0	0	0	0	0	5	0	8	0
23	16	6	0	0	0,3	0	1	0	5	12	37	0
24	6	0	13	0	10	0	3	0	0	0	12,5	0
25	9,5	0	2	0	57	3	30	0	0	35	6	0
26	40	0	0	0	0	4	4	0	0,7	38	18	0
27	35	5,5	2,3	0	0	10	0,5	0	0	0	3	0
28	4	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	20	X	6	0	0	5	0	0	1,6	0	0	1,2
30	22,5	X	10	0	2	1	0	0	0	10	15,5	40
31	1	X	0	X	1	X	0	X	X	0	X	4,5
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>495,1</b>	<b>92,1</b>	<b>267,6</b>	<b>46,7</b>	<b>169,3</b>	<b>89,3</b>	<b>135,7</b>	<b>27,5</b>	<b>93,5</b>	<b>199</b>	<b>183,5</b>	<b>191,7</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1991</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2014**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	27,5	0	10	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
3	7	0	21	9	0	1,5	0	0	37	12,5	0	0
4	0	0	0	36	0	0	0	0	8,5	0	0,5	0,9
5	16	0	0	0	0	0	0	4	15	7	0	0
6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	6	0	0	0	4	27,5	0	0	0,4	0
10	0	0	0	0	8	8	6	25	0	0	5	0,2
11	0	0	0	0	30	27,6	17,5	0	0	0	35	0
12	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	4	0
13	0	0	5	0	0	0	1,2	0	0	0	23	23
14	20	0	0	75	0	0	0	10	0	0	0,3	0
15	0	0	0	3,5	0	0	0,7	0	0	0	0	0
16	0	120	0	8	0	5	0	0	0	0	0	0
17	38	4	0	3	0	0	0	12	0	0	0	0
18	0	8	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
19	0	0	0	0	0	27,5	0	0	0,3	0	0	0
20	0	0	0	0	0	10	0	0	2	0	0	0
21	0	0	20	1	0	12,5	0	0	27	27	0	0
22	0	0	12	0	0	0	0	0	12,5	12,5	0	3,8
23	0	0	80	0,5	1,5	2	0	0	0	0	5,5	13
24	0	0	0,5	0	13	0	0	0	0	0	15	96
25	0	0	0	55	0	0	6,2	0	0	0	0	0,4
26	0	0	0	27	5	0	1	0	0	0	4	0,6
27	0	0	15	8	10	0	64	5	9	9	18	0
28	0	0	0	0	12,5	0	70	0	0	0	4	0
29	0		0	0	0	0	0,2	0,4	0	0	2	0,6
30	0		0,5	0	2	0	0	0	0	0	0	6
31	0		0	0	0	0	0	4				4,8
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>122,5</b>	<b>132</b>	<b>252,8</b>	<b>226</b>	<b>82</b>	<b>94,1</b>	<b>179,8</b>	<b>83,9</b>	<b>111,5</b>	<b>68,2</b>	<b>116,7</b>	<b>149,3</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1618,8</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2015**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0,4	12	0	0	0,4	0	0	0	0	0,6	0	0,6
2	3,6	20	0,4	0	0	0	0	0	0,4	12	0,5	0
3	12,5	0	0	0	0	0,4	0	0	0,4	0,4	0,2	0,6
4	0,2	0	0	0	0,4	0	0	0	0,4	20	0,4	0
5	7,5	0,7	0	0	0,8	0	0,6	0	14	25	0,8	0,4
6	0,5	0,7	0	0	0,5	0	0,4	0	0	0	0,4	18
7	0	20	0,4	20	0	0	0	0	1,5	0	0,2	20
8	0	0	0,6	0	20	0	0	0	0,8	0	26	12
9	0	0	30	0	0,4	0	0	0	0,6	0	35	0,6
10	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0,6	0	0,6	0,4
11	0,4	0,4	0,4	0	12	0	0	0	30	0	0	0
12	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,4	0,1	0	0
13	0	0	0,4	0	0,3	0,4	0	0	28	0	0,4	18
14	0	18	0,6	0	0	0,6	0	0	30	0,4	0	20
15	0,6	20	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,6	0
16	0	15	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4
17	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0,6	20
18	0	22	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0,6	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0,6	20
20	0	0	0,4	0	0	15	0	0,4	0	0,4	0,6	0
21	0	0	0	0,4	0	60	0	0	0	0,6	0,6	0
22	0,6	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0,4	20	0
23	35	0,4	70	0	0	0	0,4	0	0	0	16	0
24	0,5	0	0,4	19	0,6	75	17	0	0	0,6	0,4	0
25	0	0	0,4	0	0	0,8	0,6	24	0	21	0	0
26	0	0	0	14	0	0	0	0,6	0,4	0,4	0,6	0
27	0	0	0	0,4	0,6	0	0	0	0	35	0	0
28	0	4	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,6	50
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	7,5
30	0		70	40	0	0	0	0	0	0,4	14	2
31	130		0		0		0	0		0		0
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>191,8</b>	<b>153,6</b>	<b>230,9</b>	<b>94,8</b>	<b>36,4</b>	<b>153,4</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>107,5</b>	<b>117,3</b>	<b>120,3</b>	<b>190,5</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1440,5</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIO DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2016**

*Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira*



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0	0	5	0	0	0	0	0	0,5	28	0	18
2	122	0	25	0	0	8	0	0	0	20	0	4
3	72	0	6	0	0	0,6	0	0	0	0,9	0	0
4	30	0	7	0	0	0,5	0	8	4	25	15	6
5	0,5	0	5	0	0	30	0	0	0	35	0	0
6	0	0	5	0	0	35	0	0	6	0,9	28	0
7	0	0	5	0	0	55	0	0	0	5	4	0
8	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	17	5	0	0	0
10	40,6	0	5	0	0	0	0	0	0	15	25	5
11	20,6	2	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
12	0,5	14	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	4	0	4	0	0	0	2	0	65	20
14	20,5	0	0	0	0	0	0	0	0	9	50	0
15	50,5	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	30
16	25	20,5	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0
17	6	0	40	0	0	0	0	0	0	0	6	0
18	0	0	0	0	6	0	0	0	9	0	5	25
19	20	0	0	0	30	0	0	20	14	0	3	0
20	0	0,5	0	0	4	0	0	0	6	16	0	0
21	0	0	6	0	8	8	0	34	0	0	0	0,5
22	4	20,5	0	0	17	8	0,2	0	4	40	0	0
23	3	0,5	0	0	6	6	0	0	0	25	0	0
24	0	0	65	0	0	0	0	0	0	17	0	1
25	0	0	0	0	8	0	0	0	25	10	0	0
26	0	0	8	0	30	0	0	0	0	20	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
28	0	0,5	20	4	20	0	0	0	0	3	0	0
29	10,5	13,5	4	4	0	0	0	0	0	0	20	0
30	0	0	0		0		0,5	0	0,5	25	12	0
31	0		0,4		6		0			0		0
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>425,7</b>	<b>72</b>	<b>215,4</b>	<b>8</b>	<b>144</b>	<b>151,1</b>	<b>0,7</b>	<b>94</b>	<b>76</b>	<b>330,8</b>	<b>241</b>	<b>109,5</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1868,2</b>											



## TOTAL DE CHUVA DIÁRIA DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP ANO 2017

Dados de: Antonio J. T. Guerra e Maria do Carmo O. Jorge

Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	7	0	0	3	0	0	0	0	10	8	0	20
2	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
3	0	6	16	0	0	0	34	0	0	4	0	50
4	0	0	28	0	0	0	0	4	0	0	0	8
5	4	4	0	0	0	0	0	6	0	0	7	7
6	18	0	0	0	6	0	0	0	0	0	9	4
7	22	30	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	22	80	8	0	0	0	0	0	0	0	8
9	0	0	23	112	0	4	0	0	0	0	4	6
10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4	0	0	3	5	0	0	6	0	0	4	0
12	85	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	40
13	90	0	0	32	0	4	0	0	0	0	0	9
14	0	0	75	10	0	4	0	0	0	0	0	0
15	4	0	55	0	0	1	0	0	0	9	0	0
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0
17	0	0	0	70	0	0	0	17	0	4	0	6
18	0	0	88	0	0	0	0	4	0	0	0	0
19	14	0	98	0	0	0	0	4	0	0	26	3
20	10	0	25	0	60	80	0	6	0	0	30	0
21	0	0	0	0	4	15	0	16	0	0	28	4
22	18	0	0	8	16	9	0	26	0	0	40	20
23	6	0	0	7	0	0	1	0	0	4	8	7
24	4	0	0	0	0	2	0	0	0	32	0	2
25	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	8	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	4
27	54	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
28	24	0	3	8	0	0	0	0	0	8	25	20
29	0		30	0	0	0	0	0	0	0	0	20
30	0		0	2	0	0	0	0	34	4	5	10
31	0		4		0			0		6		1
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>400</b>	<b>80</b>	<b>532</b>	<b>280</b>	<b>91</b>	<b>120</b>	<b>35</b>	<b>89</b>	<b>44</b>	<b>114</b>	<b>186</b>	<b>300</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2271</b>											



**TOTAL DE CHUVA DIÁRIA DO BAIRRO DA MARANDUBA - UBATUBA/SP  
ANO 2018**

Dados de: Antonio J. T. Guerra e Maria do Carmo O. Jorge  
Organizado por: Leonardo dos Santos Pereira



Dias/Meses	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0	5	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20
2	0	40	0	0	0	0	0	8	0	0	0	6
3	0	5	15	0	20	0	0	10	0	0	6	0
4	4	30	0	0	0	0	0	15	4	40	35	0
5	0	2	30	10	0	26	0	4	8	25	15	4
6	0	0	20	0	0	0	0	18	6	0	10	15
7	7	0	15	0	0	28	6	12	0	0	20	10
8	50	0	38	0	30	0	0	0	0	6	140	6
9	22	0	5	0	20	0	0	0	0	0	40	4
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	4	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0
12	25	0	0	0	0	0	0	6	0	70	0	0
13	0	14	25	0	0	6	0	0	20	10	0	12
14	0	38	10	0	0	18	0	14	0	6	0	0
15	0	90	10	18	0	20	0	8	20	0	0	6
16	0	2	0	0	0	60	0	12	0	8	0	8
17	0	18	8	0	0	30	0	10	0	0	1	0
18	25	0	0	0	0	20	0	6	0	0	0	14
19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10	0
20	10	0	4	0	0	5	0	0	0	12	30	0
21	20	0	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0
22	0	100	75	0	0	0	8	0	0	0	0	32
23	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
24	4	0	8	0	0	0	0	0	0	55	6	5
25	0	0	0	0	0	0	0	13	0	28	0	52
26	120	4	0	0	0	0	0	15	0	12	0	10
27	80	20	0	0	0	0	0	4	15	8	0	1
28	0	0	6	0	0	0	0	0	14	1	4	1
29	15		0	0	0	0	0	0	10	0	0	16
30	35		0	0	0	25	30	0	0	0	40	0
31	0		0		0		10	0		40		0
<b>TOTAL MENSAL</b>	<b>423</b>	<b>376</b>	<b>275</b>	<b>28</b>	<b>70</b>	<b>238</b>	<b>59</b>	<b>175</b>	<b>97</b>	<b>393</b>	<b>357</b>	<b>222</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2713</b>											