



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geografia

Programa de Pós-Graduação em Geografia



**DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO DE TALUDES DE CORTE NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANDUBA – UBATUBA/SP**

ALINE MUNIZ RODRIGUES

Rio de janeiro
Fevereiro de 2016

Aline Muniz Rodrigues

DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO DE TALUDES DE CORTE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MARANDUBA – UBATUBA/SP

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

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Co-orientador: Dr. Aluísio Granato de Andrade

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

R696 d Rodrigues, Aline Muniz
Diagnóstico da Degradação do Solo de Taludes de Corte na Bacia
Hidrográfica do Rio Maranduba – Ubatuba/SP / Aline Muniz
Rodrigues. – Rio de Janeiro, 2016.
104 f.

Orientador: Antonio José Teixeira Guerra.
Coorientador: Aluísio Granato de Andrade.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Programa de
Pós Graduação em Geografia, 2016.

1. Diagnóstico Ambiental. 2. Propriedades do Solo. 3. Degradação
do Solo. I. Guerra, Antonio José Teixeira, oriente. II. Andrade, Aluísio
Granato de, coorient. III. Título.

Aline Muniz Rodrigues

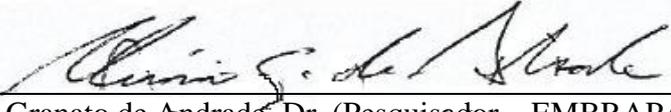
**DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO DO SOLO DE TALUDES DE CORTE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MARANDUBA – UBATUBA/SP**

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

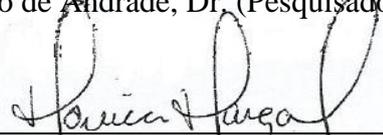
Aprovada em 22 de fevereiro de 2016, por



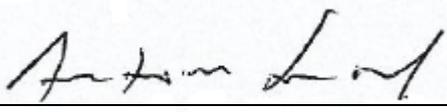
Antonio José Teixeira Guerra, Ph.D. (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ)



Aluísio Granato de Andrade, Dr. (Pesquisador – EMBRAPA SOLOS)



Mônica dos Santos Marçal, Dr^a. (Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ)



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

*Dedico este trabalho a minha
família, em especial a minha
inestimável mãe.*

AGRADECIMENTOS

A elaboração da presente dissertação de mestrado só foi possível devido ao auxílio de determinadas pessoas. Por isso, gostaria de expressar meus agradecimentos a elas.

Agradeço minha família pelo incentivo incondicional a minha formação profissional, por acreditar em mim, pelo carinho e suporte. Obrigada mãe (Magali Muniz da Silva) por tudo, você é minha base.

Expresso imensa gratidão ao Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra, não somente por ser meu orientador, mas pela oportunidade, compreensão e paciência nesta jornada acadêmica. Suas orientações e ensinamentos foram essenciais para a conclusão desta dissertação. Muito obrigada!

Agradeço ainda a querida geógrafa e doutoranda Maria do Carmo O. Jorge pela amizade e contribuições, que foram inúmeras, para o desenvolvimento da minha pesquisa. Obrigada por dividir seu vasto conhecimento comigo.

Aos meus incríveis amigos geógrafos Leonardo dos S. Pereira, Ana Paula da S. Marinho e Jacira M. da Silva Calixto, os quais me incentivam desde a graduação. Léo, obrigada por compartilhar sua sabedoria comigo e pelo tempo dispendido em discussões ricas para esta dissertação.

Agradeço ainda a todos os integrantes do LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos), em especial a Rafael Carvalho, Gabriel Finotti e Yolanda Molinaro, pelo auxílio na realização das análises laboratoriais e pelos momentos de descontração.

Agradeço também ao querido Sebastião de Oliveira (Tião) pela ajuda nos trabalhos de campo e na coleta de amostras de solo.

Agradeço, por fim, a parceria CAPES/EMBRAPA pela concessão da bolsa de mestrado e ao Prof. Dr. Aluísio Granato de Andrade pelo auxílio e colaboração ao LAGESOLOS.

Muito obrigada!

RESUMO

A intervenção antrópica sobre os sistemas naturais tem alterado o seu funcionamento e acelerado determinados processos geomorfológicos. Nesta perspectiva, a degradação dos solos pode ser considerada uma problemática de proporção mundial, afeta a biodiversidade e a segurança alimentar, tornando necessário o desenvolvimento de estudos que visem sua conservação. A presente dissertação teve como objetivo geral o desenvolvimento de diagnóstico ambiental de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio Maranduba, Ubatuba/SP, uma vez que esta área possui inestimável biodiversidade, porém sofre com impactos ambientais ocasionados pelas atividades antrópicas. Especificamente, o trabalho objetivou identificar as principais atividades que contribuem para a degradação ambiental na área de estudo, além de realizar análise das propriedades químicas e físicas dessas áreas, comparando-as com áreas de floresta preservada. Por fim, buscou-se contribuir com estudos de diagnóstico ambiental, visando a conservação dos solos, acreditando que as pesquisas são meios essenciais de difusão do conhecimento. Desta forma, a metodologia se pautou na realização de trabalhos de campo para o reconhecimento da área de estudo, coletas de amostras de solo e localização das áreas degradadas. Foram selecionados nove taludes degradados e duas áreas de floresta para a coleta de amostras deformadas e volumétricas de solo através de anéis de Kopeck de 100 cm³, visando a determinação da densidade aparente, porosidade total, granulometria, estabilidade de agregados (propriedades físicas), matéria orgânica, carbono orgânico e pH (propriedades químicas). Desta maneira, constatou-se que a construção civil em áreas inadequadas e a mineração em taludes de elevada declividade são as principais atividades que ocasionam a degradação ambiental na área de estudo. Os resultados das propriedades do solo, obtidos por meio das análises laboratoriais das amostras coletadas na parte intermediária dos taludes, demonstram a fragilidade dos solos degradados, onde a densidade aparente variou entre 1,3g/cm³ e 1,6g/cm³, e a porosidade total variou entre 40,1% e 51,5%. Já a análise granulométrica demonstrou maior proporção da fração areia, sobretudo areia grossa (2,0 a 0,2 mm). A porcentagem de matéria orgânica foi baixa, variou entre 0,34% e 2,99%, e o carbono orgânico variou entre 0,19% e 1,74%, tendo em vista a retirada da cobertura vegetal desses taludes. Os índices de agregação também foram baixos, pois a estabilidade de agregados tende a diminuir com o aumento da profundidade e diminuição dos teores de matéria orgânica. Resultados da análise de pH demonstram a existência de solos ácidos, podendo estar relacionado aos elevados índices pluviométricos da região. Portanto, conclui-se que intervenção antrópica, especialmente a mineração, tende a causar modificações nas propriedades do solo, a partir da intensificação da exploração e posterior abandono dos taludes, tornando necessária a adoção de medidas de recuperação.

Palavras-chave: diagnóstico ambiental; propriedades do solo; degradação do solo.

ABSTRACT

The human intervention on natural systems has changed their operation and accelerated certain geomorphological processes. In this perspective, soil degradation can be considered a problem of global proportions, affecting biodiversity and food security, requiring the development of studies aimed at their conservation. This work has as main objective the development of environmental diagnostic of degraded areas in river Maranduba basin, Ubatuba Municipality/São Paulo State, since this area has invaluable biodiversity, but suffers from environmental impacts caused by human activities. Specifically, the study aimed to identify the main activities that contribute to environmental degradation in the study area, and to carry out analysis of the chemical and physical properties of these areas, comparing them with areas of preserved forest. Finally, it sought to contribute to environmental diagnostic studies, aimed at soil conservation, believing that researches are essential means of spreading knowledge. Thus, the methodology was based on carrying out field work for the study area reconnaissance, soil samples collection and location of degraded areas. Nine degraded slopes were selected and two areas of forest to collect disturbed and volumetric soil samples by using Kopeck rings 100 cm³, aimed at determining bulk density, total porosity, particle size, aggregate stability (physical properties), organic matter, organic carbon and pH (chemical properties). Thus, it was found that the construction in inappropriate areas and the mining in steep slopes are the main activities that cause environmental degradation in the study area. The results of soil properties, obtained through laboratory analysis of samples collected in the middle part of the slopes, demonstrate the fragility of degraded soils, where bulk density ranged between 1.3g/cm³ and 1.6g/cm³, and total porosity ranged between 40.1% and 51.5%. Particle size analysis showed higher proportion of sand fraction, particularly coarse sand (2.0 to 0.2mm). The percentage of organic matter was low, ranging between 0.34% and 2.99%, and organic carbon ranged between 0.19% and 1.74%, as the vegetation cover of the slopes has been removed. The aggregation rates were also low, because aggregate stability decreases with increasing depth and the decrease in organic matter content. Results of pH analysis demonstrate the existence of acid soils, may be related to high rainfall regime in the region. Therefore, it is concluded that human intervention, especially mining, tends to cause changes in soil properties, from the intensified exploitation and subsequent abandonment of slopes, requiring the adoption of recovery measures.

Keywords: environmental diagnosis; soil properties; soil degradation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Formação de poças no solo e o rompimento dos agregados, culminando no transbordamento da poça. Fonte: Modificado de Guerra (2014).....10
- Figura 2. Instabilidade em talude de corte (A); talude de corte para a construção civil e exploração mineral na bacia do rio Maranduba (B), foto: Aline M. Rodrigues (2015). Fonte: Modificado de Tominaga (2007)25
- Figura 3. Localização da área de estudo. Elaboração: Maria do C. O. Jorge, Leonardo dos S. Pereira e Aline M. Rodrigues (2015).....26
- Figura 4. Características geológicas. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2001) *apud* Jorge (2004).....32
- Figura 5. Hipsometria do município de Ubatuba, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Maranduba. Fonte: Buzato (2012).....34
- Figura 6. Bacias hidrográficas de Ubatuba, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Maranduba. Fonte: Modificado de Buzato (2012).....37
- Figura 7. Degradação ambiental do rio Maranduba. Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).....36
- Figura 8. Blocos rochosos arredondados depositados em áreas com declividades suaves no rio Maranduba, próximo ao Sítio Santa Cruz – Pousada das Cachoeiras. Fotos: Aline M. Rodrigues (2014).....38
- Figura 9. Distribuição de áreas de mineração no município de Ubatuba. Fonte: Eduardo (2008).....44
- Figura 10. Fluxograma da metodologia utilizada para a realização da pesquisa. Elaboração: Aline M. Rodrigues (2016).....45
- Figura 11. Imagens dos pontos de coleta de amostras (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).....46 e 47
- Figura 12. Coleta de amostras de solo de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade (A) e na parte intermediária do talude (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).....49
- Figura 13. Utilização de anéis de Kopeck de 100 cm³ para a retirada de amostras volumétricas. Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).....50
- Figura 14. Localização dos pontos de coleta de amostras de solo nas áreas analisadas na bacia hidrográfica do rio Maranduba. Elaboração: Leonardo dos S. Pereira e Aline M. Rodrigues (2016)..... 51
- Figura 15. Procedimentos da análise granulométrica. Agitador elétrico (A); Lavagem da amostra na peneira (B); areia retida na peneira (C); provetas com amostras para decantação

(D); amostras após o procedimento de pipetagem (E). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).....	53
Figura 16. Determinação da estabilidade dos agregados por via úmida. Foto: Aline M. Rodrigues (2015).....	55
Figura 17. Determinação do pH das amostras. Amostras em repouso (A); eletrodo mergulhado na amostra e leitura do pH (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015). 17.....	56
Figura 18. Análise da matéria orgânica. Amostras em repouso após aquecimento na placa elétrica (A); processo de titulação das amostras (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).....	58
Figura 19. Médias e desvio padrão de densidade aparente e porosidade total de P1 a P11.....	60
Figura 20. Predominância das frações granulométricas e classificação textural.....	62
Figura 21. Relação entre macro e microagregados em áreas degradadas e áreas de floresta.....	68
Figura 22. Médias dos resultados de pH de P1 a P11.....	70
Figura 23. Habitação localizada no sopé de encosta (A); Sítio Santa Cruz, “Pousada das Cachoeiras”, nota-se, em vermelho, a presença de vários blocos rochosos arredondados que se depositaram em áreas de declividades mais suaves, por ação gravitacional (B). Fotos: Aline M. Rodrigues (2014).....	74
Figura 24. Talude degradado pela exploração mineral ilegal, em novembro de 2014 (A); mesmo talude em agosto de 2015 (B), nota-se o ganho de altura decorrente do processo de escavação, o que tende a aumentar o risco de instabilidade. Fotos: Aline M. Rodrigues.....	75
Figura 25. Marcas da utilização de retroescavadeira (A); talude instável com quedas e rolamentos de blocos rochosos (B). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).....	76
Figura 26. Área degradada abandonada submetida à exploração mineral (A); área degradada submetida à retirada da cobertura vegetal (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).....	77
Figura 27. Ocupação desordenada do rio Maranduba (A); retirada da mata ciliar (B); margens erodidas e solapadas, árvores inclinadas e raízes expostas salientando a degradação do rio (C) e (D). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Influência da matéria orgânica nas diferentes propriedades do solo. Fonte: Modificado de Pavan & Chaves (1998).....	21
Tabela 2. Valores da precipitação média (milímetros e percentual) para os meses de janeiro a dezembro entre 2009 e 2015 e médias mensais anuais de 7 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do banco de dados climáticos do Brasil. Fonte: Pereira (2015).....	30
Tabela 3. Ciclos de mudança socioeconômica e ambiental em Ubatuba. Fonte: Modificado de Buzato (2012).....	40
Tabela 4. Municípios do Litoral Paulista – População Residente e Taxa Geométrica de Crescimento Atual (TGCA) 1991, 2000 e 2010. Fonte: Modificado IBGE, censo 1991, 2000 e 2010.....	42
Tabela 5. Características dos pontos de coleta de amostras. Elaboração: Aline M. Rodrigues (2015).....	48
Tabela 6. Relação das médias de areia grossa e fina nas amostras analisadas.....	63
Tabela 7. Resultado da análise de estabilidade de agregados de P1 a P11.....	66
Tabela 8. Relação das médias e desvio padrão da análise de matéria orgânica.....	71
Tabela 9. Relação das médias e desvio padrão da análise de carbono orgânico.....	72
Tabela 10. Propriedades químicas e físicas das amostras analisadas.....	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativas.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo geral.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL.....	6
2.1 Diagnóstico ambiental e sua importância.....	6
2.2 Erosão dos solos.....	7
2.3 Propriedades do solo.....	15
2.3.1 Porosidade total e densidade aparente.....	15
2.3.2 Textura.....	16
2.3.3 Estabilidade dos agregados.....	17
2.3.4 pH.....	18
2.3.5 Matéria orgânica e carbono orgânico.....	19
2.4 Desequilíbrios nas encostas.....	22
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
3.1 Caracterização climática e da vegetação.....	28
3.2 Caracterização geológica e geomorfológica.....	31
3.3 Caracterização hidrográfica.....	36
3.4 Caracterização pedológica.....	38
3.5 Mudanças econômicas, sociais e ambientais.....	40
3.6 A exploração clandestina de saibro.....	42
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
4.1 Escolha dos locais para a coleta de amostras (trabalhos de campo)	45
4.2 Coleta das amostras.....	49
4.3 Distribuição espacial das áreas analisadas.....	50
4.4 Análise das propriedades do solo.....	52
4.4.1 Propriedades físicas.....	52
4.4.1.1 Porosidade total e densidade aparente do solo.....	52
4.4.1.2 Granulometria.....	52
4.4.1.3 Estabilidade dos agregados por via úmida.....	54
4.4.2 Propriedades químicas.....	56
4.4.2.1 pH.....	56
4.4.2.2 Teor de matéria orgânica e carbono orgânico no solo.....	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
5.1 Propriedades físicas do solo.....	59
5.1.1 Densidade aparente e porosidade total.....	59
5.1.2 Textura.....	61
5.1.3 Estabilidade de agregados.....	65
5.2 Propriedades químicas do solo.....	69
5.2.1 pH.....	69
5.2.2 Matéria orgânica e carbono orgânico.....	70
5.3 Contexto ambiental e distribuição das áreas analisadas.....	73

6 CONCLUSÕES.....	81
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
8 ANEXO.....	104

1 INTRODUÇÃO

A influência antrópica sobre o meio ambiente aumentou consideravelmente nos últimos tempos em sua velocidade, intensidade e escala, colocando em risco a capacidade de resiliência dos recursos naturais, em especial, os solos. A atenção se volta, então, para o desenvolvimento de estudos e iniciativas que proporcione um maior conhecimento sobre o ambiente, expressando as suas potencialidades e fragilidades, de modo a mitigar os efeitos dos processos erosivos, movimentos de massa, mudanças climáticas, entre outros, conjugando a conservação ambiental ao desenvolvimento econômico e social (SEABRA, 2010; CHRISTOPHERSON, 2012). Nesta perspectiva, ganha relevância o estudo da paisagem, relacionando aspectos do meio natural, social e cultural, compreendendo a complexidade das inter-relações e fluxos existentes entre o solo, florestas e a ação antrópica.

Ao longo da história do Brasil, a cobertura florestal nativa, representada pelos diferentes biomas, foi sofrendo um intenso processo de fragmentação, tendo em vista a expansão das culturas agrícolas, das pastagens e das cidades, afetando, assim, toda a teia ecossistêmica, pois a densidade da cobertura vegetal é considerada um fator imprescindível em relação a muitas variáveis, influenciando a remoção de sedimentos, o escoamento superficial e a perda de solo (GUERRA, 2009; ZANELLA, 2011). Portanto, a degradação dos solos tende a ser entendida como uma consequência da ação desordenada do homem sobre o ambiente, intensificando os processos de erosão dos solos na paisagem, sendo a erosão a forma mais prejudicial de degradação dos solos (COGO *et al.*, 2003; FISTER *et al.*, 2012).

Nos últimos 40 anos, no Brasil, vêm sendo registrado um acelerado crescimento populacional, concentrando-se, sobretudo, nas áreas urbanas. Tal fato tem causado uma grande pressão sobre os recursos naturais, gerando a degradação dos solos, poluição dos recursos hídricos, agressão às áreas de proteção ambiental permanente, como as áreas ciliares aos cursos d'água, além de problemas sociais, como a falta de saneamento básico e moradias precárias. Assim, ocorre um crescimento urbano desordenado, que não considera as características naturais, onde as cidades crescem de forma caótica, exigindo ações posteriores de ordenamento (DA COSTA & CINTRA, 1999; NOGUEIRA *et al.*, 2007; VASCONCELOS & CORIOLANO, 2008; OLIVEIRA & CRUZ, 2014).

A atuação desordenada do homem sobre o meio ambiente tende a acelerar determinados processos geomorfológicos, à medida que ocorrem transformações no meio natural, como a retirada da cobertura vegetal, asfaltamento de ruas, impermeabilização dos solos, canalização de rios, entre outros, ocasionando a intensificação dos processos erosivos,

movimentos de massa e enchentes, aumentando a degradação dos solos e dificultando a sua recuperação (GOUDIE e VILES, 1997; JÚNIOR *et al.*, 2008; ARAUJO *et al.*, 2009; FUSHIMI, 2012).

Nesta perspectiva, entende-se que o solo constitui um importante meio sob qual se mantém a vida na superfície da Terra, desempenha papel fundamental para a manutenção e construção da biodiversidade dos ecossistemas, sendo, portanto, o resultado de interações complexas entre os minerais, plantas e biota edáfica, possuindo, assim, grande importância devido ao seu papel de interface entre a litosfera, a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera (BRADY, 1989; LEPSCH, 2003; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011; VEZZANI, 2015).

Contudo, intensos problemas podem ser observados sobre este recurso natural relacionado à sua utilização inadequada, principalmente na agricultura, uma vez que o objetivo primordial no uso do solo se traduz no aumento da produtividade em decorrência da constante demanda por alimentos, resultando em intensas devastações do meio natural, de modo a expandir a fronteira agrícola (KLIK & EITZINGER, 2010). Levando em consideração as áreas tropicais, constatam-se técnicas de manejos impróprias que vem ocasionando de forma bastante consubstancial a intensificação dos processos erosivos, gerando o carreamento de materiais pela erosão, alterando as propriedades físicas do solo (CAMPOS *et al.*, 1995; HERNANI *et al.*, 1999; LEPSCH, 2003; BERTOL *et al.*, 2004; CARVALHO, 2012). A erosão do solo nos trópicos úmidos está concentrada dramaticamente tanto espacialmente (sobre o solo descoberto) quanto temporalmente (antes da cobertura vegetal se estabelecer) (LABRIÈRE *et al.*, 2015).

As estimativas quanto aos problemas relacionados à erosão dos solos são alarmantes, cerca de 80% dos solos agrícolas do mundo estão sujeitos à erosão, resultando em uma série de prejuízos tanto ambientais quanto econômicos, os quais ficam mais evidentes em países considerados em desenvolvimento e que apresentam um regime de chuvas tropicais, acelerando e intensificando a ação dos processos erosivos (ASHMAN e PURI, 2002; SOUZA, 2005; GUERRA, 2010; CARVALHO 2012).

Na acepção de Souza *et al.* (2003), no Brasil vem ocorrendo um intenso desgaste do solo vinculado à substituição da vegetação natural pelas culturas agrícolas e pastagens, principalmente. Tal fato tende a gerar um sério desequilíbrio no ecossistema, a partir da mudança na utilização do solo, transformando as suas características naturais, provocando a sua degradação através da implantação de manejos inadequados. Os sérios problemas relativos à degradação do solo em território nacional resultam, muitas vezes, da falta de informação no que diz respeito às suas potencialidades e limitações (CORREIA *et al.*, 2004).

O solo, recurso natural básico de um país, é renovável se conservado e usado de forma correta. Porém, a deficiência no que diz respeito aos conhecimentos tecnológicos e a sua utilização inadequada pelos agricultores intensifica a erosão não natural (PRIMAVESI, 2002; SOUZA, 2005; SILVA *et al.*, 2014).

O município de Ubatuba, apesar da presença de unidades de conservação, demonstra uma série de mudanças em sua estrutura socioeconômica e ambiental, exemplificando a pressão exercida pelo crescimento populacional mesmo em áreas de preservação ambiental. Tal fato vem provocando graves impactos ambientais, como assoreamento de rios, diminuindo a quantidade e a qualidade da água, desmatamento e erosão dos solos, o que tende a comprometer a biodiversidade da região. (BUZATO, 2012; JORGE, 2014).

Nesta perspectiva, a pesquisa aqui desenvolvida pretende realizar um diagnóstico da degradação do solo de taludes de corte na bacia hidrográfica do rio Maranduba – Ubatuba/SP, compreendendo os impactos que esta região vem sofrendo pelas atividades antrópicas, sobretudo em relação à erosão dos solos nesses taludes expostos, auxiliando, deste modo, o desenvolvimento de medidas futuras de recuperação da área, almejando contribuir, assim, para o aumento da biodiversidade, por meio de uma convivência equilibrada entre homem e natureza.

1.1 Justificativas

Segundo Palmieri (1998), Ranta *et al.* (1998) e Costa e Futemma (2006) a vegetação natural de Mata Atlântica está em sua maior parte completamente alterada, apresenta alto nível de fragmentação decorrente da expansão da agricultura e pecuária. Os fragmentos apresentam características de áreas fortemente perturbadas por exploração seletiva de madeira, com muitas rebrotas de cepas. A Mata Atlântica, de acordo com a sua intensa degradação e grande biodiversidade, é considerada um *hotspot*, e necessita de medidas urgentes de conservação (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2006; UZÊDA *et al.*, 2013).

Entende-se que a floresta tem papel fundamental na preservação da fauna e da flora, além de ser importante para a própria funcionalidade da dinâmica ambiental, contribuindo para uma boa eficiência hidrológica, que, por sua vez, ajuda na contenção de ocorrências de deslizamentos de terra, por exemplo, pois a existência da vegetação auxilia no ajustamento do fluxo de água superficial e subterrânea. Contudo, 61% da população brasileira vive atualmente em território de domínio de Mata Atlântica, são mais de 112 milhões de habitantes

em 3284 municípios, correspondem a 59% dos existentes no Brasil (IBGE, 2010; ALVES *et al.*, 2011; FOLLMANN & FOLETO, 2013).

O município de Ubatuba, localizado no Litoral Norte do Estado de São Paulo, é representativo deste fato, pois apresenta cerca de 80% de seu território situado em Unidade de Conservação (Parque Estadual da Serra do Mar e Parque Nacional da Serra da Bocaina), possuindo uma porção representativa em bom estado de conservação da Mata Atlântica na região Sudeste do país. Contudo, um expressivo crescimento populacional pode ser verificado na região, sobretudo a partir da década de 1980 com a abertura da Rodovia BR 101 (Rio-Santos), facilitando o acesso ao litoral, causando grande pressão sobre as áreas naturais, à medida que o modo de uso e ocupação das terras em Ubatuba foi modificado (TOMINAGA, 2007; BUZATO, 2012). Desta forma, apesar da presença de unidades de conservação, o município apresenta uma série de mudanças em sua estrutura socioeconômica e ambiental, causado pela pressão exercida pelo crescimento populacional mesmo em áreas de preservação ambiental.

Tominaga (2007) e Jorge (2014) ressaltam que o Litoral Norte de São Paulo possui uma vocação essencialmente turística, alicerçada na riqueza paisagística formada através do contraste da serra florestada e o mar, originando praias de inestimável beleza cênica. Tal fato atrai investimentos com a finalidade de explorar esse potencial turístico, como condomínios e residências de veraneio, resultando em uma grande valorização imobiliária. Por sua vez, esta valorização imobiliária aliada à baixa oferta de terrenos adequados para a moradia, tendo em vista as características fisiográficas da região de Ubatuba, obriga a população de menor poder aquisitivo a ocupar áreas de risco, como as vertentes da Serra do Mar.

As referidas autoras destacam, assim, que o crescimento acelerado da Zona Costeira vem gerando impactos negativos, como problemas e conflitos ambientais, econômicos e sociais. Os impactos tendem a comprometer os recursos naturais e a qualidade ambiental, além de aumentar a magnitude e a frequência das enchentes, movimentos de massa e processos erosivos. Aspectos também relatados por Pereira (2015), onde o autor constatou que em Ubatuba os impactos ambientais estão intimamente ligados ao crescimento urbano desordenado, agravando o depauperamento do solo.

Nesta perspectiva, a justificativa principal para a realização desta pesquisa reside no fato da área de estudo está inserida em bioma de Mata Atlântica sujeita às perturbações antrópicas, além de ser uma área que vem sofrendo drásticas mudanças econômicas, sociais e ambientais de acordo com a sua atratividade turística, onde a falta de infraestrutura adequada para atender aos visitantes tem ocasionado intensa degradação ambiental, colocando em

perigo tanto a biodiversidade da região, quanto a vida da população de baixa renda que habita as encostas íngremes localizadas na borda da Serra do Mar.

Apesar da existência de importantes pesquisas tendo como área de estudo o município de Ubatuba, no que se refere especificamente à bacia hidrográfica do rio Maranduba, observa-se uma redução quando se busca referências. Na atualidade, torna-se possível ressaltar determinados autores como Guerra (2014), Jorge (2014) e Pereira (2015). Neste contexto, a falta de literatura sobre a área de estudo em questão, que corrobora para a contínua degradação do ecossistema, pode ser considerada outra justificativa, visto que as pesquisas são meios essenciais para o diagnóstico de um problema e para a tomada de decisão que ajude em sua resolução.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa almeja realizar um diagnóstico da degradação do solo de taludes de corte na bacia hidrográfica do rio Maranduba – Ubatuba/SP, compreendendo os impactos que esta região vem sofrendo pelas atividades antrópicas, sobretudo em relação à erosão dos solos nesses taludes expostos, que tende a comprometer a capacidade dos solos em exercer as suas funções para o pleno funcionamento dos ecossistemas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar as principais atividades que contribuem para a degradação ambiental na área da bacia do rio Maranduba, apresentando a sua devida distribuição espacial.
2. Analisar as propriedades químicas e físicas do solo em áreas degradadas e em áreas preservadas sob domínio de Mata Atlântica, através da coleta de amostras de solo e análises laboratoriais;
3. Contribuir com estudos de diagnóstico ambiental de áreas degradadas, de modo a minimizar a pressão de áreas de florestas frente à intensa necessidade de expansão urbana, gerando a degradação dos solos de forma contínua.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Diagnóstico ambiental e sua importância

O diagnóstico pode ser considerado um laudo pericial que proporciona as bases para que determinadas questões sejam respondidas (O que? Por quê? Onde? Como? Que taxas? Entre outras), levando sempre em consideração o tempo e os recursos financeiros e humanos disponíveis para a plena realização do diagnóstico. Fullen & Catt (2004) e Cândido (2008) ressaltam que a realização de um diagnóstico ambiental possui grande importância, pois se trata do primeiro passo para se conhecer a realidade dos impactos antrópicos sobre o meio ambiente, se configurando na base para a geração de um prognóstico ambiental, visando a conservação dos recursos naturais tanto no presente quanto para as gerações futuras.

O diagnóstico, então, é o passo inicial para se entender o tipo de degradação, a qual, na maioria das vezes, é provocada pelo uso inadequado dos recursos naturais pelo homem em uma área específica, de modo a atuar na recuperação da área degradada, gerar e disponibilizar informações tanto aos técnicos quanto à sociedade, visando construir um prognóstico e evitar a ocorrência de danos. A partir do conhecimento das potencialidades e limitações da área, torna-se possível estabelecer o uso, ocupação e gestão sustentável (MORGAN, 2005; GUERRA & MARÇAL, 2006; CARVALHO, 2012).

Por conseguinte, por meio da construção de um diagnóstico, torna-se possível compreender os diversos problemas ambientais que acometem o planeta, com destaque para a erosão, a qual compromete o pleno funcionamento do sistema solo, trazendo sério empecilho para a segurança alimentar, por exemplo. Assim, o estudo sobre erosão ganha cada vez mais importância, de modo a possibilitar o desenvolvimento de medidas para controlar e conter tal problema, além de recuperar as áreas já atingidas, prevenindo maiores danos ambientais, pois a falta de planejamento do uso do solo pode levar a processos erosivos em intensidade e velocidade que ultrapassam os limites de tolerância (NAVAS *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2006; TELLES, 2010).

De acordo com Guerra (2009), um dos principais objetivos das pesquisas relacionadas à erosão dos solos reside na procura em resolver os problemas provocados por tal processo, tendo em vista o agravamento dos impactos ambientais, pois a erosão causa danos tanto nas áreas onde ocorre quanto nas áreas mais distantes. Desta forma, somente a partir do conhecimento acerca de como se desencadeia o processo erosivo se torna possível o surgimento de técnicas eficazes que permitam o aumento da produtividade agrícola

juntamente com a diminuição dos impactos ao meio ambiente (MORGAN, 2005; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010; MENDES *et al.*, 2014).

Por isso, Guerra e Mendonça (2011) destacam que as consequências danosas provocadas pela erosão deveriam ser motivo de preocupação de todos os profissionais que estão envolvidos com a temática relacionada ao manejo dos solos e dos recursos hídricos. Tal fato evidencia a responsabilidade tanto dos políticos quanto dos planejadores na forma como o problema da erosão pode ser controlado, uma vez que suas decisões influenciam diretamente a maneira como a terra será usada. Ressaltam, desta forma, que as políticas desenvolvidas com o intuito de controlar a erosão necessitam ter como base o conhecimento dos processos erosivos e a natureza dos fatores envolvidos neste processo.

O desenvolvimento de estudos que abordam esta temática torna-se cada vez mais necessário para a resolução dos problemas relativos à erosão, o conhecimento acerca das características da área, dos processos envolvidos, da influência antrópica é essencial para a minimização das consequências danosas da erosão (MORGAN, 2005).

O diagnóstico ambiental, portanto, se configura em uma ferramenta fundamental para a compreensão dos processos erosivos e para a adoção de medidas preventivas que diminuam dos danos ao meio ambiente e, conseqüentemente, para os seres humanos.

2.2 Erosão dos solos

Nos últimos dois séculos ocorreram o agravamento dos problemas ambientais, colocando em risco o equilíbrio dos ecossistemas e também a manutenção da diversidade biológica. Nesta perspectiva, destacam-se os problemas relacionados à erosão dos solos, em quase todo o mundo, afetando tanto as áreas urbanas quanto rurais (MARÇAL, 2000). Através do acelerado e desordenado crescimento populacional uma série de impactos ambientais pode ser verificada, ocorrendo de forma mais intensa e degradante na atualidade, como a poluição dos corpos hídricos por dejetos orgânicos, degradação das matas ciliares de rios e erosão dos solos (SALOMÃO, 2010; OLIVEIRA & CRUZ, 2014). Por conseguinte, torna-se crescente a demanda por estratégias de prevenção contra desastres naturais, com o intuito tanto de preservar a vida das populações que moram em áreas de risco quanto de conservar os recursos naturais (LIMA e MARÇAL, 2013).

Oliveira (2012) destaca que a falta de um planejamento adequado, que considere as particularidades do meio físico, as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento nas cidades, origina a poluição hídrica e a erosão urbana. Tal fato evidencia

a necessidade de incentivar novas formas de tratamento e planejamento de uso dos recursos naturais, considerando as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem, a qual é caracterizada por ser um organismo complexo, composto por elementos materiais e recursos naturais dispostos em um território, com intensa influência antrópica (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A influência antrópica tem causado intensas perturbações aos recursos naturais, os solos podem ser considerados exemplos dessa influência, são afetados pelas mudanças no uso da terra e padrões de culturas, o uso de máquinas agrícolas pesadas e o emparcelamento, aumentando o potencial de erosão dos solos pela ação da água e do vento, originando a chamada erosão acelerada, também descrita como antrópica (KLIK e EITZINGER, 2010; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010; GALDINO, 2012).

Guerra (2010) e Mafra (2010) salientam que a ocupação humana sobre o relevo terrestre, gera a ocupação e a transformação da superfície do terreno, tanto em áreas urbanas quanto rurais, resultando, na maioria das vezes, em sérios impactos ambientais. Estes, por sua vez, podem ser negativos ou positivos, mas na atualidade, quando a expressão é utilizada, já está mais ou menos implícito que os impactos são negativos, caracterizando uma série de modificações ao meio ambiente, influenciando na estabilidade dos ecossistemas (GUERRA e GUERRA, 2013). Quando negativo, o impacto causa a degradação ambiental, ou seja, a perda ou deterioração da qualidade ambiental, a redução das condições naturais ou do estado de um ambiente (SÁNCHEZ, 2006). Cândido (2008) reitera que degradação ambiental é um termo de conotação negativa, onde o seu uso na moderna literatura científica está quase sempre ligado a mudanças artificiais ou perturbações antrópicas que coloca em risco a perpetuação dos ecossistemas.

A ação humana, ao causar modificações no funcionamento dos sistemas naturais, origina áreas alteradas com sua capacidade melhorada, conservada ou diminuída. Quando essa alteração se associa a processos que proporcionam a perda da capacidade produtiva do agrossistema, pode-se considerar que essas áreas estão degradadas, e, frequentemente, áreas degradadas estão intensamente susceptíveis à ocorrência de processos erosivos (SILVA *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2013). No Brasil os problemas ambientais, especialmente aqueles relacionados a erosão do solo, variam muito devido, sobretudo, às condições climáticas, edáficas, geomorfológicas, além do fator antrópico (SOBRAL *et al.*, 2015).

Dentre os maiores processos degradantes do solo, a erosão se destaca, pois, repercute na dinâmica das águas e onera a sociedade, visto que, além de danos ambientais irreversíveis, produz também prejuízos econômicos e sociais (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 1990; SANTOS

et al., 2007; FISTER *et al.*, 2012). As principais causas da erosão causada pela água e pelo vento incluem o desmatamento, pastoreio excessivo e má gestão de terras aráveis, e a reabilitação das terras degradadas pela erosão envolvem técnicas diferentes, desde a engenharia tradicional ou bioengenharia de solos (GUERRA *et al.*, 2015).

Torna-se importante destacar que o processo de erosão pode ser dividido em três etapas: desagregação, transporte e deposição (BOARDMAN & POESEN, 2006; GUERRA, 2014). A desagregação diz respeito à separação das partículas do solo, promovida pela ação do impacto das gotas de chuva e pela ação cisalhante do escoamento superficial. As partículas desagregadas são transportadas pelo salpicamento provocado pelo impacto das gotas de chuva e pela enxurrada, pode ser também carregados nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas. A última etapa é a deposição do material que foi desgastado e transportado, este material é depositado quando a carga de sedimentos presentes na enxurrada torna-se maior do que a sua capacidade de transporte (FOSTER & MEYER, 1977, GUERRA, 2009; SANTOS, 2014).

Portanto, o início do processo erosivo acontece quando as gotas de chuva atingem o solo, visto que neste momento começa a ação do *splash* (erosão por salpicamento), resultando na ruptura dos agregados, formando crostas a partir da selagem do topo do solo, uma vez que os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, diminuindo a porosidade e aumentando o escoamento superficial (FOSTER & MEYER, 1977; GOUDIE, 1995; GUERRA, 2009; GUERRA, 2010; ROFFE, 2012). Contudo, os dosséis de culturas podem efetivamente reduzir a energia cinética das chuvas e proteger as superfícies dos solos do impacto das gotas de chuva, inibindo assim a erosão por *splash* (MA *et al.*, 2015).

No entanto, para que ocorra o escoamento superficial deve haver a formação de poças (*ponds*), à medida que o solo se torna saturado (GUERRA, 2010). O escoamento superficial ocorrerá, então, pela ruptura do agregado situado à jusante ou pelo transbordamento da poça (Figura 1). A poça, por sua vez, pode ser formada entre os agregados do solo, grãos de quartzo, raízes, etc.

A figura a seguir demonstra a formação de poças, pequenas depressões, onde a poça tende a ficar confinada entre os agregados do solo, contudo, pode ocorrer o rompimento do agregado e conseqüente transbordamento da poça, originando o escoamento superficial (*runoff*), à medida que a capacidade de armazenamento for saturada.

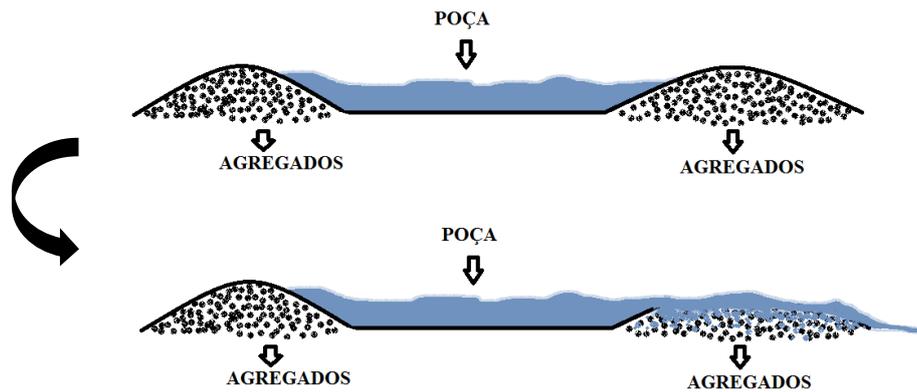


Figura 1. Formação de poças no solo e o rompimento dos agregados, culminando no transbordamento da poça. Fonte: Modificado de Guerra (2014).

Nesta perspectiva, quando a água atinge o solo, ela pode ser armazenada em pequenas depressões ou pode se infiltrar, contribuindo para o aumento da umidade do solo, ou mesmo pode abastecer o lençol freático. O escoamento das águas em superfície e em subsuperfície acontece quando o solo excede a sua capacidade em absorver a água, provocando a erosão dos solos, uma vez que a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração no solo, dando origem ao *runoff* (fluxo hortoniano) (GUERRA 2009).

Quando a água que cai no solo excede a capacidade do mesmo em absorvê-la, poderá ocorrer o escoamento superficial, podendo iniciar a chamada erosão em lençol (*sheet erosion*) ou erosão laminar, à medida que a velocidade do fluxo aumenta, juntamente com a sua turbulência, a água tende a provocar maior incisão no solo, formando, assim, as ravinas. Estas são caracterizadas por se apresentar como canais contínuos, estreitos e de pouca profundidade, constituindo, muitas vezes, características efêmeras nas encostas, onde o seu alargamento, promovido pela atuação do escoamento superficial e subsuperficial, origina as voçorocas. Diferentemente das ravinas, as voçorocas são mais largas e mais profundas, com paredes laterais íngremes e fundo chato, causando características que são permanentes nas encostas. Quando as voçorocas se aprofundam muito, podem atingir até o lençol freático, estão, assim, associadas com processos de erosão acelerada provocada pela intervenção humana e de seres vivos (ANDRADE *et al.*, 2005; GUERRA, 2009).

Portanto, as feições erosivas, geralmente, acontecem na forma de ravinas, pequenas incisões, e assim podem evoluir para voçorocas, se tornando feições permanentes na paisagem, dando origem a uma série de prejuízos, como perda de áreas agricultáveis, destruição de estradas, assoreamento, entre outros aspectos prejudiciais agravados pelas intervenções humanas desordenadas (FULLEN e CATT, 2004; SOUZA *et al.*, 2014).

A erosão possui influência de diversas variáveis, como as propriedades do solo, a erosividade da chuva, o uso e manejo do solo, as características das encostas e a cobertura vegetal (MORGAN, 2005; SENSOY e KARA, 2014). Estes são denominados de fatores controladores, determinando as variações nas taxas de erosão, à medida que a interação entre tais fatores explica o porquê de certas áreas erodirem mais do que outras, onde a interferência antrópica pode causar alterações nesses fatores e, por consequência, apressar ou retardar os processos erosivos, os quais podem ocorrer tanto de forma natural quanto de forma antrópica (GUERRA, 2009).

A retirada da cobertura vegetal e o manejo do solo inadequado podem ser considerados como os principais influentes sobre a erosão hídrica (THORNES, 1990; HERNANI *et al.*, 1999; GUADAGNIN *et al.*, 2005; TELLES, 2014). Em muitos casos, a cobertura do solo e o uso da terra são considerados os fatores dominantes que afetam a perda de solo, as interações entre os processos destas duas entidades ditam o comportamento a longo prazo e o resultado em relação à erosão dos solos (BURG *et al.*, 2015).

No que diz respeito à cobertura vegetal, Selby (1993) ressalta que a sua retirada dificulta o processo de infiltração da água no solo e gera o aumento do escoamento superficial, o qual remove sedimentos, fazendo caminhos preferenciais para a água (incisões). Portanto, a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, pois protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, dispersa, intercepta e evapora a água antes que atinja o solo, melhora a estrutura do solo através da adição de matéria orgânica, diminui a velocidade de escoamento (COGO, 1981; BRANDT, 1986; CAMPOS *et al.*, 1999; CALDERANO FILHO *et al.*, 2009; FANTIN, 2012).

Ao avaliar os efeitos do uso do solo e topografia sobre a erosão em solos na China, Sun *et al.* (2014) puderam atestar a importância da cobertura vegetal, salientando que a restauração da vegetação foi bem-sucedida na redução da erosão, pois como ressaltam Zhang *et al.* (2015), a re-vegetação é uma forma eficaz de melhorar as propriedades físicas do solo, reduzir o escoamento e erosão, e melhorar a estabilidade dos ecossistemas. Situação também comprovada por Nacinovic *et al.* (2014), onde os autores, estudando a erosão do solo em função de diferentes usos da terra agrícola no Rio de Janeiro, atestaram que em área de floresta nativa os processos de escoamento superficial e erosão foram menores do que em área sob agricultura.

Pruski (2006) salienta, portanto, que quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da água da chuva, menor será nele a propensão de ocorrer a erosão. A cobertura vegetal aparece, então, como o fator controlador de grande

importância no que se refere ao desempenho do processo de erosão dos solos, sendo um fator de proteção dos mesmos. Desta forma, existem relações íntimas e complexas entre solo e a vegetação, ditando a dinâmica do ecossistema (FOSTER, 1982; BURG *et al.*, 2015).

Sistema de manejo correto do solo possui como principais objetivos a obtenção de alta produtividade, garantir uma boa infiltração da água da chuva, bem como a sua retenção, além de mitigar os efeitos da erosão e evitar a perda de nutrientes, os quais são indispensáveis para o desenvolvimento das culturas. Contudo, o uso e manejo do solo tende a mudar as condições físicas, químicas e biológicas do mesmo (BARCELOS *et al.*, 1999; FANTIN, 2012). Desta forma, as práticas de manejo inadequadas podem resultar na degradação dos solos, facilitando a ocorrência da erosão, uma vez que as mudanças nos níveis de nutrientes, nas propriedades físicas do solo e na maior erodibilidade dos solos estão relacionadas aos usos específicos da terra (DITZLER, 2002; ARAUJO *et al.*, 2009; ANH *et al.*, 2014).

Estudando as taxas de erosão do solo na China, Guo *et al.* (2015) constataram que a perda de solo para terras agrícolas sob preparo convencional ultrapassou a tolerância de perda de solo estimada. No entanto, as medidas de conservação do solo, tais como o terraceamento e o plantio direto, efetivamente controlaram a erosão. Desta forma, o manejo pode ser considerado um dos principais fatores que aumentam a tendência para a erosão acelerada do solo (BENISTON *et al.*, 2015).

A chuva pode ser considerada um dos fatores climáticos que exerce grande influência na erosão dos solos, e dependendo de suas características, como intensidade e energia cinética, pode adquirir maior ou menor poder erosivo. A erosividade da chuva, nesta perspectiva, diz respeito a habilidade da mesma em causar a erosão, provocando a quebra de agregados e o transporte de sedimentos através de fluxos laminares superficiais (GUERRA, 2009; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010; MORAIS, 2012).

O processo de erosão dos solos pode ser influenciado, ainda, pelas características das encostas, como declividade, comprimento e forma, diferenciando-se em côncavas, convexas e retilíneas. Torna-se interessante ressaltar que não necessariamente em encostas mais íngremes ocorrerá processos erosivos mais intensos, nessas encostas pode ocorrer o inverso, ou seja, a erosão pode diminuir em virtude da menor disponibilidade de material. Em encostas de baixa declividade, 4° por exemplo, a erosão pode ocorrer com elevadas perdas de solo e água. No entanto, as características das encostas atuam entre si, como também em conjunto com outros fatores que influenciam a maior ou menor suscetibilidade dos solos à erosão, além da interferência antrópica (POESEN, 1986; MORGAN, 2005; GUERRA, 2009; PEREIRA, 2015).

Por sua vez, Goudie (1995) analisa o papel da ação antrópica na transformação da paisagem, enfatizando que os seres humanos estão associados ao processo de erosão acelerada, contribuindo, de muitas maneiras, para a aceleração das taxas pelas quais os sedimentos são removidos das encostas, gerando o assoreamento e a poluição dos corpos líquidos, à medida que tais sedimentos se depositam nas áreas mais deprimidas, nos rios, lagos, baías e reservatórios. O desmatamento, o crescimento das cidades e a mineração podem ser considerados as principais causas da erosão acelerada (RIBEIRO *et al.*, 2013).

A erosão é um processo muito mais complexo, implica em grave problema ambiental e causa danos à sociedade. A erosão causa problemas não apenas nas áreas onde ocorre em nível local (*onsite*), com a formação de ravinas e voçorocas, mas ocasiona prejuízos até mesmo em grandes áreas distantes (*offsite*), causando assoreamento de corpos hídricos (MORGAN, 2005; GUERRA, 2009; SANT'ANA, 2012). Em uma base de longo prazo, a erosão dos solos reduz não só a produtividade do mesmo, mas também o armazenamento e a função de filtragem dos solos (KLIK e EITZINGER, 2010).

Marçal (2000) destaca que a erosão dos solos é um problema de alta complexidade, portanto, para a sua compreensão se torna necessário a abordagem de fatores relacionados ao meio físico e ao uso da terra, por exemplo, uma vez que o solo, assim como os demais fatores, não responde ao problema da erosão se tomado de forma isolada, mesmo o solo sendo um fator preponderante na ocorrência da erosão.

Contudo, o solo parece ser um recurso natural que o homem tem dado pouca atenção, utilizando-o sem se preocupar com o período necessário para a sua recuperação, pois acredita-se que o mesmo irá durar para sempre, e conseqüentemente, o solo se tornou um dos recursos naturais que mais têm sofrido pelo mau uso, onde a terra de cultivo vem perdendo constantemente parte de seu solo, devido ao manejo e uso inadequados (WILD, 1993; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010; ROFFE, 2012).

Segundo ainda os autores anteriormente citados, a erosão do solo é um problema de gravidade alta, pois possui relação direta com a escassez de alimentos e com a fome, transformando a luta contra a erosão em algo fundamental, à medida que as terras expostas à erosão são terras que reduziram a sua capacidade de produção. Brady (1989) sintetiza ressaltando que a erosão é o fenômeno mais destrutivo em âmbito mundial, trazendo conseqüências como a perda de solos agricultáveis, o assoreamento de cursos de água e reservatórios, provocando catástrofes como a poluição destes. Portanto, a erosão é um problema de importância mundial devido à rapidez e seriedade que os danos são causados (ABU-HAMDEH *et al.*, 2006).

As soluções para o problema da erosão dos solos devem ser projetadas com consideração específica para os mecanismos de falha e para as condições locais, ou seja, as especificidades de cada local devem ser analisadas (DHITAL *et al.*, 2013). Guerra e Mendonça (2011) chamam a atenção para a importância do controle da erosão dos solos, ressaltando a necessidade de se estabelecer políticas para ordenar tal controle. Assim, as políticas de controle da erosão dos solos devem articular o conhecimento dos processos erosivos e a natureza dos fatores envolvidos, pois *“o estudo dos processos erosivos é altamente complexo e depende de uma série de variáveis para a sua compreensão”* (MARÇAL e GUERRA, 2003, p. 15).

Guerra e Jorge (2012) salientam que nas últimas décadas o conhecimento acerca da erosão e conservação dos solos tem crescido rapidamente, mas apesar deste fato os danos causados pela erosão ainda podem ser verificados em todo mundo e a adoção de práticas conservacionistas continua limitada.

Ainda segundo os autores:

“Isto se deve, em parte, a restrições socioeconômicas, em várias partes do mundo. Dessa forma, o conhecimento dos fatores socioeconômicos e das políticas públicas associadas, possui um papel importante na conservação dos solos. Ou seja, há que se considerar esses fatores, porque, na grande maioria dos casos, eles podem atuar em conjunto com as causas ambientais, resultantes na erosão” (GUERRA & JORGE, 2012, p. 118-119).

Por isso, torna-se cada vez mais necessário a expansão do movimento conservacionista, visando mobilizar a sociedade em prol da conservação do solo. E para tal fim, devem-se buscar detalhes, levantamentos e pesquisas, de modo que sejam construídas bases sólidas para um planejamento de uso racional, visto que o solo precisa ser interpretado de forma complexa, compreendendo as suas relações com os sistemas complexos e também com o ecossistema em que ele pertence para inferir na sua qualidade (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011). Necessita-se, portanto, de ações urgentes que levem ao planejamento do uso adequado das terras, este é o passo mais importante na direção do uso sustentável e para a conservação dos recursos solo e água (HUDSON, 1971).

2.3 Propriedades do solo

As propriedades do solo podem ser divididas em físicas (porosidade total, densidade aparente, textura, estabilidade dos agregados) e químicas (matéria orgânica e pH), e estão envolvidas com a menor ou maior capacidade dos solos em resistir à erosão, por isso são consideradas um dos principais fatores controladores da erosão.

2.3.1 Porosidade total e densidade aparente

A porosidade do solo é considerada uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de certo material, ou seja, o poro é o volume não ocupado pelos constituintes sólidos do solo. Desta forma, a porosidade é responsável pela retenção de mais ou menos água no solo, sendo assim, fundamental para o pleno funcionamento do mesmo (SILVA, 2010).

Portanto, a comunicação entre os poros é extremamente importante, permitindo a infiltração da água a grandes profundidades, abastecendo o lençol freático e fornecendo água para os vegetais. Contudo, quando por algum fator a rede porosa do solo é comprometida, a água pode retornar rapidamente para a atmosfera, encurtando o ciclo hidrológico e gerando danos por meio da erosão (SILVA, 2010). A porosidade está relacionada com a densidade e a compactação do solo, quanto maior for o grau de compactação, menor será a porosidade total encontrada no solo e maior será a densidade aparente e a resistência à penetração, dificultando a circulação da água e ar no solo (PINZÓN e MEZQUITA, 1991; KARLEN & STOTT, 1994; HAN *et al.*, 2011; JÚNIOR *et al.*, 2014).

A compactação do solo altera consideravelmente a rede de poros, aumentando a resistência mecânica à penetração de raízes e, conseqüentemente, à penetração da água, uma vez que as raízes funcionam como caminhos preferencias para a infiltração da água no solo (REICHERT *et al.*, 2010; HAN *et al.*, 2011; DALCHIAVON *et al.*, 2011). Nesse sentido, quanto maior for a densidade aparente do solo, a qual reflete a compactação por ele sofrida, menor será a porosidade total do mesmo, e vice-versa. Portanto, o aumento da compactação do solo tem como conseqüências principais a redução da porosidade, as trocas desfavoráveis na relação solo-água-atmosfera que afetam o desenvolvimento das raízes das plantas (PINZÓN & MEZQUITA, 1991; LEÃO *et al.*, 2004; FERNANDES, 2015).

Logo, a densidade aparente caracteriza o grau de compactação do solo, ocorrendo quando é aplicada determinada pressão em sua superfície, como o pisoteio de animais em pastos ou de pessoas em trilhas, por exemplo, o que tende a alterar a estrutura do solo, como também as suas propriedades químicas e físicas.

Valores de densidade aparente entre 1,1 e 1,6 g/cm³ são característicos de solos com predominância de frações minerais e manejo inadequado, enquanto que em solos de floresta a densidade aparente tende a variar entre 0,6 e 0,8 g/cm³ (KIEHL, 1979). Araujo *et al.* (2004) ao estudarem as propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa também constataram que o solo sob cultivo apresenta maiores valores de densidade do solo e menores valores de porosidade total e de macroporosidade comparado com o solo sob mata nativa.

A densidade aparente é afetada, sobretudo, pelas práticas agrícolas (GROHMANN, 1960; JORGE & PRADO, 1988; JÚNIOR *et al.*, 2014), pois em áreas de cultivo, na maioria das vezes, a densidade aparente dos solos sofre um aumento significativo, como atestado por Voroney *et al.* (1981) *apud* Guerra (2009), onde em um período de 70 anos a densidade aparente em solos agrícolas aumentou 16%, passando de 1,03g/cm³ para 1,19g/cm³. Contudo, o aumento desta propriedade em solos agrícolas está vinculado à redução da matéria orgânica e uso de máquinas agrícolas, reduzindo a capacidade de infiltração da água no solo. Quando o teor de matéria orgânica diminui, causa o aumento da ruptura dos agregados, facilitando a formação de crostas na superfície do solo, elevando a sua compactação (GUERRA, 2009; FERNANDES, 2015).

2.3.2 Textura

Esta propriedade física é a que sofre menos alteração com o passar do tempo, tendo em vista o seu material de origem e o processo de intemperismo. Pode ser dividida em determinadas frações que compõem o solo, como calhaus ou pedras (diâmetro médio de 200 a 20mm), cascalho (diâmetro médio de 20 a 2mm), areia (diâmetro médio de 2 a 0,05mm), silte (diâmetro médio de 0,05 a 0,002mm) e argila (diâmetro médio menor que 0,002mm) (LEPSCH, 2003).

A predominância de determinada fração granulométrica é responsável pela maior ou menor suscetibilidade dos solos à erosão. As frações mais propícias à erosão são as frações silte e areia, sobretudo, areia fina, já a fração de remoção mais difícil é a argila, uma vez que esta fração possui maior capacidade de agregação (MORGAN, 2005). Contudo, Marçal e Guerra (2003) e Guerra (2009) ressaltam que a textura é uma importante propriedade relacionada à erodibilidade dos solos, mas as porcentagens de areia, silte e argila devem ser tratadas em conjunto com outras propriedades, como o teor de matéria orgânica, o qual afeta a agregação dessas mesmas frações granulométricas. Assim, a distribuição granulométrica das

partículas constituintes do solo exibe elevado grau de influência em importantes propriedades do solo, como a porosidade, compactação e resistência mecânica, sendo que quanto maiores as partículas do solo, menor sua compressibilidade e agregação (ENCIDE, 2005; MACEDO *et al.*, 2010; PEJON *et al.*, 2013).

De acordo com Lepsch (2003), a proporção de argila - silte e areia - cascalho com o seu arranjo em agregados determina algumas características do solo, como o tamanho e quantidade de poros, permeabilidade à água, grau de plasticidade, pegajosidade, facilidade de trabalhos com máquinas e maior ou menor resistência à erosão. Santos & Pereira (2013), por sua vez, ressaltam que a textura e a estrutura são propriedades determinantes na movimentação de água no perfil do solo, uma vez que determinam a quantidade e disposição dos poros. Portanto, a textura, levando-se sempre em consideração a sua combinação com outras propriedades do solo, pode determinar a quantidade de água capaz que penetrar ao longo do perfil do solo, percorrendo-o, sendo uma das propriedades físicas de grande importância na análise dos processos erosivos.

2.3.3 Estabilidade dos agregados

O agregado pode ser considerado um conjunto coerente formado por partículas primárias do solo, possuindo forma e tamanho definidos, onde a análise da estabilidade dos agregados torna-se muito eficiente para o estudo da suscetibilidade dos solos à erosão, juntamente com a análise das demais propriedades químicas e físicas do solo, como a densidade, porosidade e textura. Os agregados desempenham um papel importante na manutenção da porosidade e da aeração, no crescimento das plantas e dos microrganismos, na infiltração da água e na estabilidade necessária à prevenção da erosão, onde tal estabilidade tende a ser fortemente influenciada pelas práticas agrícolas (DEXTER, 1988; WENDLING *et al.*, 2012; PLAZA-BONILLA *et al.*, 2013).

A estabilidade dos agregados, portanto, é influenciada pelo teor de matéria orgânica que condiciona a ruptura desses agregados, podendo originar a formação de crostas no solo, dificultando a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial (GUMIERE *et al.*, 2009; GUERRA, 2009; SILVA, 2010; MATAIX-SOLERA *et al.*, 2011). A diminuição do teor de matéria orgânica tende a aumentar a ruptura dos agregados, esta situação é comumente encontrada em solos que são usados pela agricultura, se tornando mais erodíveis a partir da perda da matéria orgânica que não é repostada (GUERRA, 2010; VASCONCELOS *et al.*,

2010). Portanto, a interação entre a matéria orgânica do solo, a textura e a mineralogia definem a estabilidade e o tamanho dos agregados (DENEFF *et al.*, 2001; ZINN *et al.*, 2011).

O tamanho dos agregados e a sua estabilidade são influenciadas pela quantidade de matéria orgânica, a qual permitirá maior ou menor agregação, podendo assim ser classificados como macroagregados ($> 0,250$ mm) ou microagregados ($< 0,250$ mm) (TISDALL & OADES, 1982). Desta forma, a matéria orgânica possui papel fundamental na estabilidade dos agregados, no entanto, não existe um índice universal de percentual da matéria orgânica nos solos que determine a instabilidade dos agregados, mas valores entre 2 e 3,5% de matéria orgânica são considerados preocupantes em relação à capacidade dos solos em resistir à erosividade das chuvas (KAY & MUNKHOLM, 2004; GUERRA, 2010; MATAIX-SOLERA *et al.*, 2011).

Segundo Guerra (2009), a erodibilidade do solo é reduzida quando existe uma alta estabilidade de agregados, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, facilitando o processo de infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento. A erosão por *splash* também diminui quando existe uma alta estabilidade dos agregados do solo, pois proporciona maior resistência ao impacto das gotas de chuva.

2.3.4 pH

Os valores de pH do solo estão relacionados a sua acidez, alcalinidade ou neutralidade, variando em uma escala de 1 a 14, onde 7 é considerado neutro, abaixo deste é ácido e acima é alcalino. Configura-se em uma das características químicas mais importantes no que se refere à fertilidade, à medida que a acidez ou alcalinidade excessiva do solo pode afetar a disponibilidade de nutrientes aos vegetais, o que atribui grande importância à determinação do pH do solo para garantir o sucesso da produção agrícola (OLIVEIRA *et al.*, 2005; CAIRES, 2013).

Os solos agrícolas brasileiros apresentam média a alta acidez (pH $H_2O < 5,5$), na maioria das vezes, proporcionando baixa produtividade das culturas agrícolas, visto que estes solos apresentam deficiência de cálcio, magnésio e fósforo, elementos essenciais para o desenvolvimento das culturas, e alumínio e manganês em nível tóxico. Por isso, para o cultivo agrícola dos solos ácidos é necessário realizar a sua correção, elevando o seu pH e neutralizando o efeito dos elementos tóxicos (VELOSO *et al.*, 1992; ROSSETO e DIAS, 2005; RONQUIM, 2010; CAIRES, 2013).

Novais *et al.* (2007) enfatizam que os solos brasileiros são naturalmente ácidos e pobres em termos de fertilidade, são também, na maioria das vezes, submetidos a constante exploração, conduzindo-os à exaustão (NATALE *et al.*, 2012). A acidez do solo é, portanto, um dos fatores que mais interferem na produtividade agrícola, especialmente nas regiões tropicais do globo, visto que a disponibilidade de cada nutriente no solo para as plantas é influenciada pelo pH (SANCHEZ & SALINAS, 1983; ROCHA *et al.*, 2014).

Nesse sentido, a determinação do pH do solo deve estar aliada à sua história de uso agrícola, pois a intervenção humana altera consideravelmente os valores de pH do solo, influenciando a sua erodibilidade (GUERRA, 2009). Porém, são várias as causas da acidez dos solos, Malavolta (1985), por exemplo, chama a atenção para o papel da água, esta tende a carrear as bases presentes no solo e deixar em seu lugar íons H^+ , com o abaixamento do pH^+ a valores muito baixos pode ocorrer a decomposição de minerais de argila e ocasionar o aparecimento de Al trocável. Segundo Oliveira *et al.* (2005), a acidez do solo pode estar relacionada à vários motivos, como a mineralogia do solo, a lixiviação e/ou remoção das bases pelas culturas, a ocorrência de chuvas ácidas e a decomposição da matéria orgânica, através da liberação de ácidos orgânicos e inorgânicos.

2.3.5 Matéria orgânica e carbono orgânico

A fauna e a flora que vive sobre ou dentro do solo são responsáveis pelo processo de formação da matéria orgânica, sendo que parte considerável da mesma é formada por raízes e microrganismos, garantindo ao solo nutrientes e proteção contra a erosividade das chuvas, por exemplo (GUERRA, 2009). Nas regiões subtropicais, a matéria orgânica é considerada a principal fonte de cargas negativas dos solos, sendo responsável em adsorver nutrientes para os vegetais, como também os componentes tanto orgânicos quanto inorgânicos presentes no meio, como agroquímicos (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011; CARVALHO, 2015).

Sabe-se que a matéria orgânica influencia significativamente a erodibilidade dos solos, estando relacionada a processos de retenção e ciclagem de nutrientes, agregação de partículas, proporcionando estabilidade aos agregados, dinâmica da água, aumento da CTC (capacidade de troca catiônica), entre outros. Desta forma, a perda da matéria orgânica tende a comprometer o pleno funcionamento do solo, facilitando a ocorrência dos processos erosivos (DAVIES, 1985; MORGAN, 2005; SHUKLA *et al.*, 2006; GUERRA, 2009; VIEIRA *et al.*, 2009; SILVA, 2010; PODWOJEWSKI *et al.*, 2011; VASCONCELOS *et al.*, 2014).

Nesta perspectiva, Morgan (2005) destaca que teores de carbono abaixo de 2%, o que representa 3,5% de matéria orgânica, aumentam a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos, sobretudo em solo com elevados teores de areia e silte, demonstrando a importância da manutenção da matéria orgânica para a qualidade do solo.

Guerra (2009) salienta que a ação antrópica, especialmente, a agricultura, tende a provocar mudanças no que se refere ao teor de matéria orgânica no solo, onde a sua redução provoca também mudanças em outras propriedades do solo. Segundo Debarba (1993) e Reichert *et al.* (2011), em sistemas agrícolas conservacionistas, ocorre a maior presença da matéria orgânica nos solos, a qual influencia positivamente na retenção e disponibilidade de nutrientes no solo, sendo que a manutenção de resíduos vegetais na camada superficial do mesmo funciona como uma importante fonte protetora contra o impacto direto das gotas de chuva, fazendo com que sua energia cinética seja dissipada, diminuindo a ocorrência dos processos erosivos.

Desse modo, o teor de matéria orgânica possui relação direta com o manejo e com as culturas empregadas, o uso da terra tende a afetar fortemente a quantidade de entrada de biomassa no solo, refletindo, conseqüentemente, na agregação das partículas do solo (PREVEDELLO *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2014).

Nesta perspectiva, as práticas convencionais de produção tendem a promover a diminuição da dinâmica da matéria orgânica, bem como da atividade biológica, destruindo a naturalmente frágil condição estrutural dos solos das regiões tropicais e afetando seu comportamento e processos envolvidos, tendo como consequência o encrostamento superficial, a formação de camadas coesas ou compactadas e a perda da fertilidade do solo, pois a matéria orgânica desempenha importante papel no que se refere aos solos tropicais (FREITAS, 1994; BAYER E MIELNICZUK, 1997; COSTA *et al.*, 1999). Oades (1984), Mendonça & Rowell (1994) e Mielniczuk (2008) salientam que as práticas agrícolas convencionais promovem a ruptura dos agregados do solo, o que pode acelerar as perdas de carbono orgânico pela oxidação da matéria orgânica.

A tabela abaixo resume a importância da matéria orgânica para as principais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, exercendo grande influência em processos relevantes para o pleno funcionamento do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Influência da matéria orgânica nas diferentes propriedades do solo.

Propriedades do solo	Influência da matéria orgânica		Efeitos no solo
Física	MAIOR	Infiltração; retenção de água; consistência, agregação.	Capacidade de aeração e infiltração de água no solo; Disponibilidade de água para as plantas.
	MENOR	Temperatura; densidade aparente.	
Química	Fonte de nutrientes: N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu. Fonte de ligante orgânico.		Fertilidade dos solos e necessidade de adubação; disponibilidade de nutrientes para as plantas; disponibilidade de micronutrientes e elementos tóxicos.
	MAIOR	Poder tampão; pH e troca de cátions; Reação com metais: Al, Cu, Mn; Solubilização de nutrientes.	
	MENOR	Fixação.	
Físico-química	MAIOR	Adsorção de nutrientes; CTC; superfície específica; movimento de calcário.	-
Biológica	MAIOR	Atividade de organismos benéficos; Mineralização.	Na atividade biológica e desenvolvimento de plantas.

Fonte: Modificado de Pavan & Chaves (1998).

De acordo com Mosaddeghi (2009), a manutenção ou o incremento do teor de matéria orgânica dos solos é de fundamental importância, sobretudo, nas áreas agrícolas, de modo a obter produções satisfatórias, uma vez que a matéria orgânica é um dos constituintes de maior relevância no solo, sendo considerada a principal fonte de carbono para os microrganismos decompositores presentes no solo. Contudo, a variação na quantidade de matéria orgânica do solo depende de uma série de fatores, como: a profundidade do solo, o clima, os resíduos acumulados na superfície, as práticas agrícolas, a textura e a mineralogia do solo (ZINN *et al.*, 2011; CARVALHO, 2015).

Percebe-se, assim, que o estudo da matéria orgânica é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica do solo, visto que matéria orgânica afeta de diversas formas os processos de erosão dos solos, dependendo da participação de outras propriedades físicas e químicas (GUERRA, 2009; JÚNIOR, 2011).

No que diz respeito ao carbono orgânico, este é reconhecido como componente principal da fertilidade dos solos, sendo que alterações na qualidade dos resíduos florestais tendem a acarretar variações nos teores de carbono orgânico. Os níveis de matéria orgânica e carbono orgânico estão relacionados, uma vez que a matéria orgânica do solo é o maior reservatório de carbono orgânico da superfície terrestre, sendo assim, o aumento nos níveis de carbono orgânico está diretamente ligado ao *input* de matéria orgânica no solo (SMITH, 2004; KONG *et al.*, 2005). Por sua vez, West *et al.* (2002) ressaltam que a matéria orgânica do solo é responsável pela entrada de aproximadamente 60% do carbono global terrestre e é especialmente sensível às mudanças no manejo agrícola.

Contudo, a presença de carbono orgânico possui papel fundamental para a maior ou menor atividade biológica, produção de compostos orgânicos secundários, agregação do solo e aparecimento de outras propriedades emergentes do sistema solo (LOVATO *et al.*, 2004; BALDOTTO *et al.*, 2015).

2.4 Desequilíbrios nas encostas

As encostas podem ser definidas como uma forma tridimensional produzidas por processos de intemperismo e erosão, onde o seu desenvolvimento é considerado o principal resultado da denudação. Ocupam grande parte das terras emersas e sofrem expressivamente com a exploração de recursos naturais e com as diversas formas de uso que alteram a sua configuração natural, possuem, por isso, um importante papel para a compreensão das paisagens transformadas pelas atividades antrópicas (GOUDIE, 1985; LIMA-e-SILVA *et al.*, 1999; GUERRA, 2010; GUERRA, 2011; SANTOS *et al.*, 2014). Por fim, Tricart (1957) afirma que encosta é o elemento dominante do relevo em grande parte das regiões, sendo, desta maneira, uma forma de relevo importante para o homem.

Na acepção de Guerra e Cunha (1996), os desequilíbrios que ocorrem nas encostas possuem influência fundamental do clima e de certos atributos que fazem parte das características das mesmas, como a topografia, geologia, grau de intemperismo e solo, além do fator antrópico, como o tipo de ocupação e uso. As chuvas concentradas possuem papel significativo na deflagração de desequilíbrios na paisagem das encostas e aliadas à presença

de declives acentuados, instáveis pelo uso e ocupação do solo desordenados, são responsáveis pela detonação dos processos erosivos e movimentos de massa, como os que podem ser verificados ao longo das vertentes da Serra do Mar, na rodovia Rio-Santos. Os desequilíbrios que acontecem nas encostas podem ter reflexos em locais distantes, provocando o assoreamento dos corpos líquidos, comprometendo a qualidade e a quantidade de água. Desta forma, as alterações antrópicas nas características naturais das encostas, como os cortes de encosta para a construção de estradas ou residências, devem ser planejadas e monitoradas para evitar riscos ambientais e à vida da população (LIMA-e-SILVA *et al.*, 1999; KORMANN, 2014).

A ação antrópica nas encostas, sobretudo em relação à retirada da cobertura vegetal, corrobora para a ocorrência dos desequilíbrios, visto que a remoção da vegetação tende a resultar no aumento das taxas de erosão, pois acarreta na formação de crostas na superfície do solo, produzindo uma camada impermeável que, conseqüentemente, impede a infiltração. Logo, a manutenção da vegetação pode garantir a estabilidade das encostas, onde as raízes fornecem o reforço e contenção mecânica, boa hidrologia do solo, facilitando a infiltração da água e diminuindo o escoamento superficial (MORGAN & RICKSON, 1995; ARAÚJO *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2013).

Torna-se interessante estabelecer a distinção entre os termos *talude* e *encosta*. Na maioria das vezes, quando há referência ao termo talude, o caráter antrópico se faz predominante, onde as ações antrópicas alteram as paisagens, principalmente em relação à topografia. Nesta perspectiva, Cunha *et al.* (1991) salientam que:

“Uma encosta pode ser entendida como toda a superfície natural inclinada (declive) que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais. Talude de corte é definido como um talude natural ou de encosta resultante de algum processo de escavação promovido pelo homem. O termo talude artificial refere-se aos declives construídos a partir de vários materiais, tais como argila, areia, cascalho e rejeitos industriais ou de mineração” (CUNHA *et al.*, 1991).

Na acepção de Stochalak (1974) as encostas podem ser entendidas como “toda superfície natural inclinada unindo outras duas, caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais”. Já o termo talude, segundo Wolle (1980), tende a ser empregado com o objetivo de definir encostas próximas a obras lineares, de mineração, etc., possui um caráter mais geotécnico.

Em taludes de corte a vegetação também possui importância fundamental na sua estabilização, contudo, de acordo com Gray (1995) e Fiori & Carmignani (2009), a influência das raízes no talude tende a ser limitada a uma zona cerca de 1,5m de profundidade, pois a resistência ao cisalhamento decresce com o aumento da profundidade, uma vez que há menor quantidade de raízes em subsolo, dificultando o incremento da coesão do sistema solo-raiz.

Desequilíbrios em taludes de corte de estradas foram verificados por Sada & Odemero (1986) na Nigéria, os quais constataram a aceleração da atuação dos processos erosivos em taludes e 15 a 20% (8,5° a 11,5°). Nogami e Villibor (1995), por sua vez, analisando taludes de corte de estrada no Estado de São Paulo, perceberam que a erosão se torna mais expressiva em taludes com inclinação entre 30° e 45°. Por fim, Huallanca (2004), estudando os mecanismos de ruptura em taludes altos de mineração, pôde constatar que o ganho de altura de taludes submetidos ao processo de escavação resulta no aumento do risco de instabilidade dos mesmos.

Tratando-se de taludes submetidos à atividade de mineração, vários fatores são responsáveis por causar instabilidades, como: o constante tráfego de veículos pesados; a aceitação de rupturas localizadas; o rebaixamento do nível de água; a ausência de vegetação. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem a compreensão da estrutura do talude, buscando evitar perdas econômicas e de vidas, uma vez que estas áreas tendem a ficar mais susceptíveis aos eventos de movimentos de massa, por exemplo (BRABB, 1991; MENEZES, 2012; MELO *et al.*, 2013).

Portanto, cabe ressaltar que a instabilidade em taludes tende a ser causada pela combinação de determinados fatores além da declividade, como o contato solo-rocha abrupto, a remoção da vegetação e intensa pluviosidade, sendo que a intervenção antrópica possui papel fundamental, como pode ser observado na figura a seguir (Figura 2).

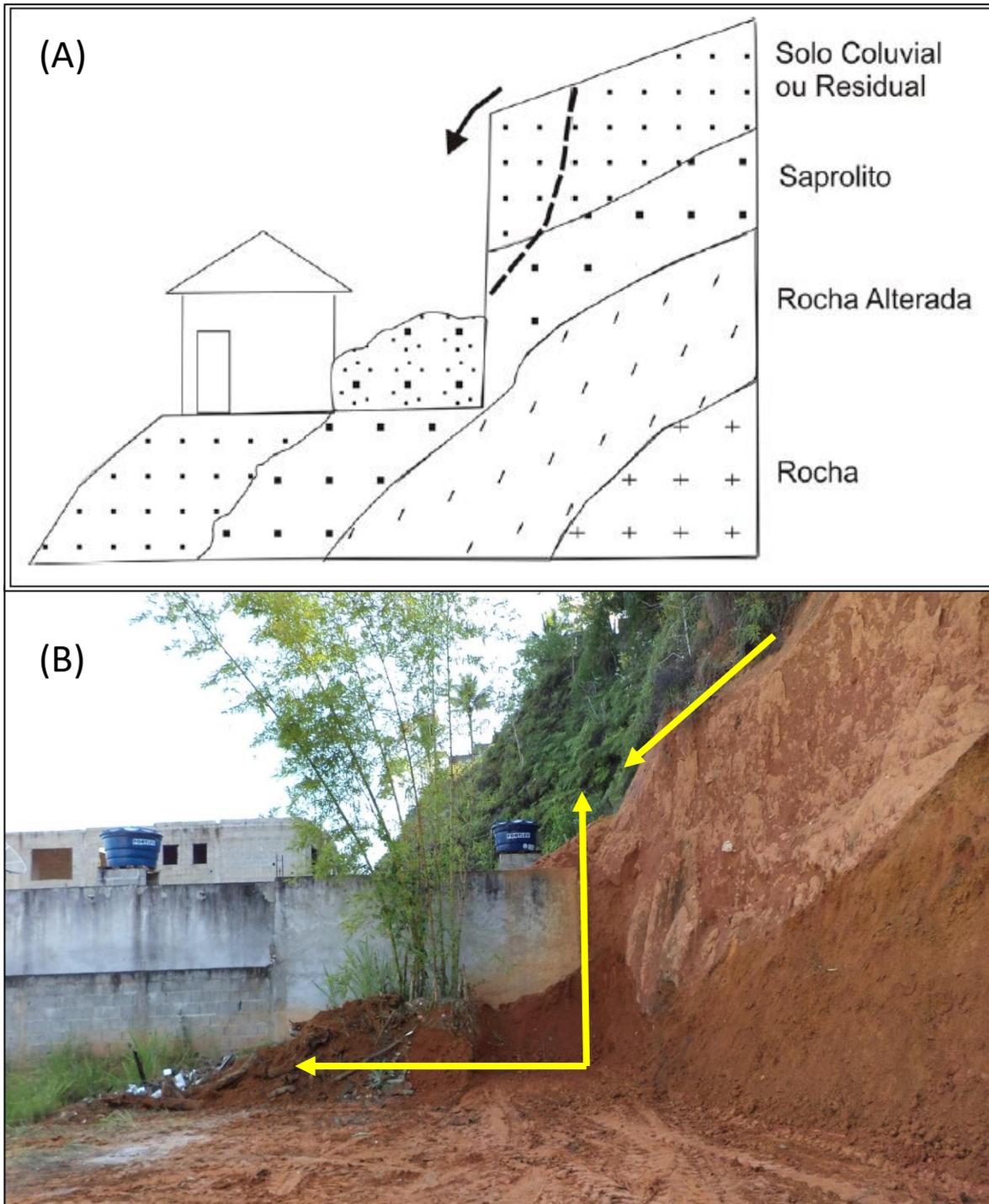


Figura 2. Instabilidade em talude de corte (A); talude de corte para a construção civil e exploração mineral na bacia do rio Maranduba (B), foto: Aline M. Rodrigues (2015). Fonte: Modificado de Tominaga (2007).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa em questão se desenvolve na bacia hidrográfica do rio Maranduba, localizado no município de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo (Figura 3). A bacia do rio Maranduba possui aproximadamente 39km² de área total, onde a principal atividade econômica diz respeito ao turismo, tendo em vista a paisagem de grande beleza formada pelas praias e pelo relevo montanhoso da Serra do Mar.

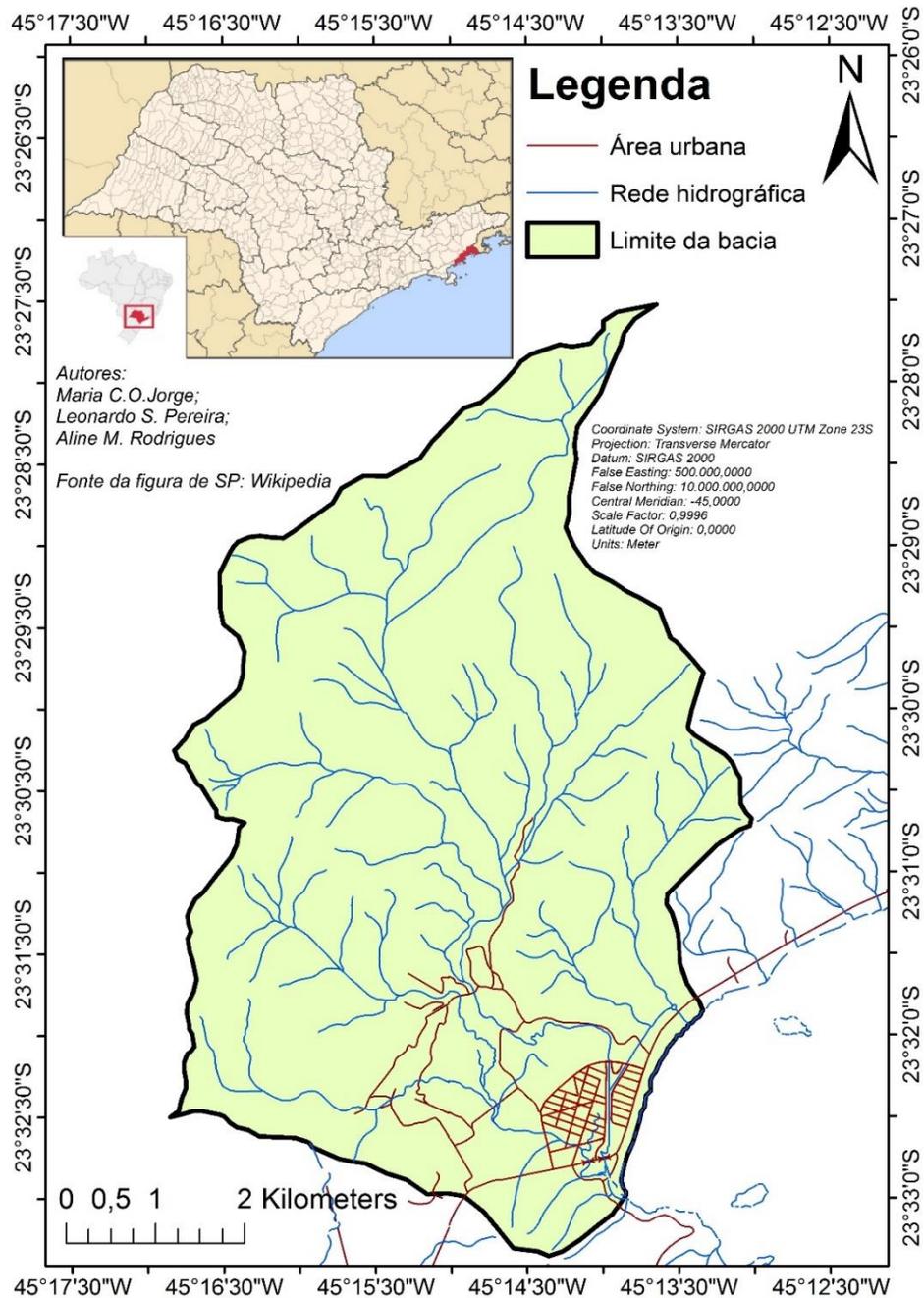


Figura 3. Localização da área de estudo. Elaboração: Maria do C. O. Jorge, Leonardo dos S. Pereira e Aline M. Rodrigues (2015).

A área faz parte do bioma da Mata Atlântica, caracterizando-se como um dos locais onde ainda podem ser encontrados os remanescentes florestais de Mata Atlântica (Parque Estadual da Serra do Mar – PESM) em bom estado de conservação na região sudeste brasileira, mas que atualmente sofre com intensos processos de degradação.

Segundo dados do Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar (SMA, 2006), o PESM foi criado pelo Decreto nº 10.251 de 31 de agosto de 1977 e é administrado pela Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo (Fundação Florestal). Tal Parque exerce um papel imprescindível para a manutenção da biodiversidade, garantindo a sustentabilidade da vida, sobretudo, para os núcleos urbanos dispersos ao seu redor, à medida que propicia uma maior proteção para a população de áreas críticas na estabilização das encostas, além de amenizar o clima, tornando-o mais agradável, garante ainda espaços para o lazer e visitação pública, com paisagens de beleza e riqueza inestimáveis. Contudo, a pressão urbana, a atividade turística desordenada e o extrativismo podem ser consideradas importantes instrumentos que provocam a degradação e a perda da biodiversidade constantes no PESM.

De acordo com a grande extensão do Parque Estadual da Serra do Mar, o seu gerenciamento é realizado através de núcleos administrativos, de modo a facilitar a gestão do mesmo. São oito núcleos dispersos em diferentes localidades: Núcleo Caraguatatuba (Caraguatatuba, Paraibuna, Natividade da Serra); Núcleo Cunha (Cunha); Núcleo Santa Virgínia (São Luiz do Paraitinga, Natividade da Serra); Núcleo Picinguaba (Ubatuba); Núcleo Curucutu (Juquitiba, São Paulo, Itanhaém, Mongaguá); Núcleo Pedro de Toledo (Peruíbe, Pedro de Toledo, Juquitiba); Núcleo Itutinga-Pilões (Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes, São Bernardo do Campo, Santo André, São Paulo, Bertioga, Cubatão, Santos, Paria Grande); Núcleo São Sebastião (São Sebastião, Salesópolis) (SMA, 2006).

As maiores altitudes registradas na bacia foram de 1.100 metros no topo da Serra do Mar, e os principais agentes modeladores são os rios Maranduba, Araribá e seus tributários. Nas rupturas das vertentes e declives acentuados ocorrem corredeiras e cachoeiras de grande beleza, as quais, na medida em que as declividades suavizam, diminuem de força e intensidade até alcançar a planície (BUZATO, 2012).

No que diz respeito a Ubatuba, município onde se localiza a área de estudo, este foi fundado em 1637, está localizado na região Sudeste brasileira, no Litoral Norte de São Paulo, com uma área de 711 km² (IBGE, 2010), circunscrito entre a Serra do Mar a NW e o Oceano Atlântico a SE. A parte central do município está situada entre 23°30'00" L S (latitude sul) e

longitude de 45°07'08'' L O (longitude oeste), sendo cortado pelo Trópico de Capricórnio (BUZATO, 2012).

Segundo dados do IBGE (2010), o município de Ubatuba se divide em dois distritos: o distrito de Ubatuba, segue desde a divisa com Caraguatatuba, ao sul, até a praia de Promirim; e o distrito de Picinguaba, indo até a divisa com o Estado do Rio de Janeiro, na parte norte do município. O distrito de Ubatuba se diferencia do distrito de Picinguaba por possuir maior extensão territorial e também por concentrar a maior parte da população residente.

Ubatuba faz limite ao sul com a cidade de Caraguatatuba, no estado de São Paulo; a sudoeste se encontra com a cidade de Natividade da Serra, no Vale do rio Paraíba do Sul, em São Paulo; a oeste estão as cidades de São Luiz do Paraitinga e Cunha, no Vale do rio Paraíba do Sul; a cidade de Paraty, no Estado do Rio de Janeiro, se encontra a norte; e a leste de Ubatuba se situa o Oceano Atlântico.

Em relação aos acessos rodoviários, Fernandes (2009) destaca que:

“Os acessos rodoviários à cidade são através das Rodovias SP-055 – Rod. Governador Mário Covas; BR-116, que a liga à cidade de Caraguatatuba; SP-125 – Rod. Oswaldo Cruz, que a liga à cidade de São Luiz do Paraitinga; e BR-101 – Rod. Rio-Santos, que a liga à cidade de Paraty.” (FERNANDES, 2009, p. 15).

Apresenta, ainda, cerca de 80% de seu território situado em Unidade de Conservação (Parque Estadual da Serra do Mar e Parque Nacional da Serra da Bocaina) (TOMINAGA, 2007), possuindo uma porção representativa em bom estado de conservação da Mata Atlântica na região Sudeste do país. Contudo, um expressivo crescimento populacional pode ser verificado na região, sobretudo a partir da década de 1980 com a abertura da Rodovia BR 101 (Rio-Santos), facilitando o acesso ao litoral e inferindo grande pressão sobre as áreas naturais, à medida que o modo de uso e ocupação das terras em Ubatuba foi modificado (BUZATO, 2012).

3.1 Caracterização climática e da vegetação

A região apresenta um clima caracterizado como tropical litorâneo úmido ou tropical atlântico, com temperatura anual de 21° C, a temperatura máxima chega a 27° C e a mínima, de 15° C (FERNANDES, 2009). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura mínima registrada no município foi de 5° C, em 17 de agosto de 1971, e a máxima foi de 40° C, em 9 de setembro de 1997. Contudo, segundo a classificação de Köppen, o clima de Ubatuba é do tipo “Cf”, na área de escarpa, e “Af”, na área de planície.

Ocorre o domínio das massas tropicais, com constante atuação de frentes frias, as quais conjugadas com as características morfológicas e altimétricas da Serra do Mar são responsáveis por grande parte dos eventos pluviiais extremos (SANT'ANNA NETO, 1990; TAVARES *et al.*, 2002). Nesse sentido, pode-se observar o predomínio das chuvas do tipo orográficas, de pequena intensidade e longa duração. A origem deste tipo de chuva são as barreiras topográficas, como serras, montanhas, entre outras, pois quando uma massa de ar úmido se desloca e encontra tal barreira, é forçada a se elevar, culminando na queda de temperatura e condensação do vapor d'água, originando as nuvens.

Na acepção de Sant'Anna Neto (1990), na região litorânea de Ubatuba, podem-se verificar três zonas climáticas, de acordo com os processos da dinâmica atmosférica: Litoral Norte, predomínio de sistemas equatoriais e tropicais. Região situada entre as serras de Paraty (limite São Paulo-Rio de Janeiro) e Juqueriquerê (Caraguatatuba-São Sebastião); Litoral Central, caracterizado como uma vasta área de transição, pois é controlado por sistemas tropicais e polares, de forma alternada. Situado entre as serras de Juqueriquerê e Itatins (sul de Peruíbe); Litoral Sul, controlado pelos sistemas polares e tropicais. Localizado da serra de Itatins até a Ilha do Cardoso.

De acordo com a leitura diária de um pluviômetro instalado há sete anos no bairro Araribá, localizado na bacia hidrográfica do rio Maranduba, Pereira (2015) constatou que os meses de janeiro e dezembro apresentaram maiores amplitudes nas médias mensais de 2009 a 2015, caracterizando-se como meses mais úmidos, enquanto que os meses mais secos foram junho e julho (Tabela 2). Os últimos 7 anos foram aqueles que ficaram abaixo da média de 30 anos de Ubatuba, sendo que 2015 foi o ano com menor acumulado pluvial (1.440,5mm).

Nota-se que os índices pluviométricos apresentados na Tabela 2 são pouco elevados quando comparados aos índices do município de Ubatuba, pois este está entre os 10 mais chuvosos do Brasil, apresentando média pluvial superior a 4000mm (TAVARES *et al.*, 2002).

Tabela 2. Valores da precipitação média (milímetros e percentual) para os meses de janeiro a dezembro entre 2009 e 2015 e médias mensais anuais de 7 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do banco de dados climáticos do Brasil.

Meses	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		Média de 7 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	277,3	14,0	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	163,6	8,3	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	255,3	12,9	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	189,1	9,6	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	109,3	5,5	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	116,6	5,9	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	141,2	7,1	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	59,3	3,0	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	114,9	5,8	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	152,3	7,7	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	145,8	7,4	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	238,6	12,1	348,0	13,8
Total	2336,5	100,0	2420,8	100,0	2312,6	100,0	1723,4	100,0	1991,0	100,0	1618,8	100,0	1440,5	100,0	1977,7	100,0	2.519	100,0

Fonte: Pereira (2015).

Contudo, os elevados índices pluviométricos, conjugados ao uso e manejo inadequados, corroboram para a perda de água e solo, rompendo o equilíbrio ambiental (PEREIRA *et al.*, 2014).

Segundo dados oriundos da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) de São Paulo (2006), o município de Ubatuba está localizado em uma região de domínio do bioma Mata Atlântica, onde mais de 80% de sua área são recobertos por vegetação nativa. Existem diferentes fitofisionomias vegetais, mas destacam-se as florestas ombrófilas densas montana, submontana e de altitude, recobrando as escarpas da Serra do Mar. Podem ser verificados, ainda, os manguezais, os quais ocupam o curso de alguns rios da região, e ecossistemas associados de restinga.

Ab'Sáber (2003) ressalta determinadas características da Mata Atlântica, como a sua contínua cobertura florestal, abrangendo desde o fundo dos vales até a mais altas vertentes e interflúvios. Percebe-se também um microclima no interior da mata, resultante da não incidência dos raios solares sobre o solo, proporcionado pela densa cobertura vegetal, em bom estado de conservação.

A cobertura vegetal do município de Ubatuba possui variações relacionadas às condições diferenciadas de altitude, variando da Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana até setores de planície, com Formação de Terras Baixas, Restingas e Manguezais. Essa grande variedade da cobertura vegetal origina ambientes bastante heterogêneos, tal fato pressupõe que o município não pode ser ocupado e explorado de forma homogênea, sem levar em consideração as potencialidades e fragilidades de cada ambiente. O meio físico, por sua vez, apresenta-se em forma de mosaico, sendo reflexo das condições socioeconômicas e geológicas da atualidade, possui uma singularidade própria (MELO, 2012).

3.2 Caracterização geológica e geomorfológica

Sob a perspectiva geológica, o município de Ubatuba está localizado em área cujo domínio pertence às rochas do embasamento cristalino agrupadas no Complexo Costeiro, estruturando a Serra do Mar. Tais rochas, do ponto de vista litológico, são caracterizadas como granitos e gnaisses (HASUI *et al.*, 1981 e 1993). Podem-se encontrar, ainda, rochas sedimentares, encontradas nas planícies litorâneas do município, formadas por material arenoso e argiloso (Figura 4).

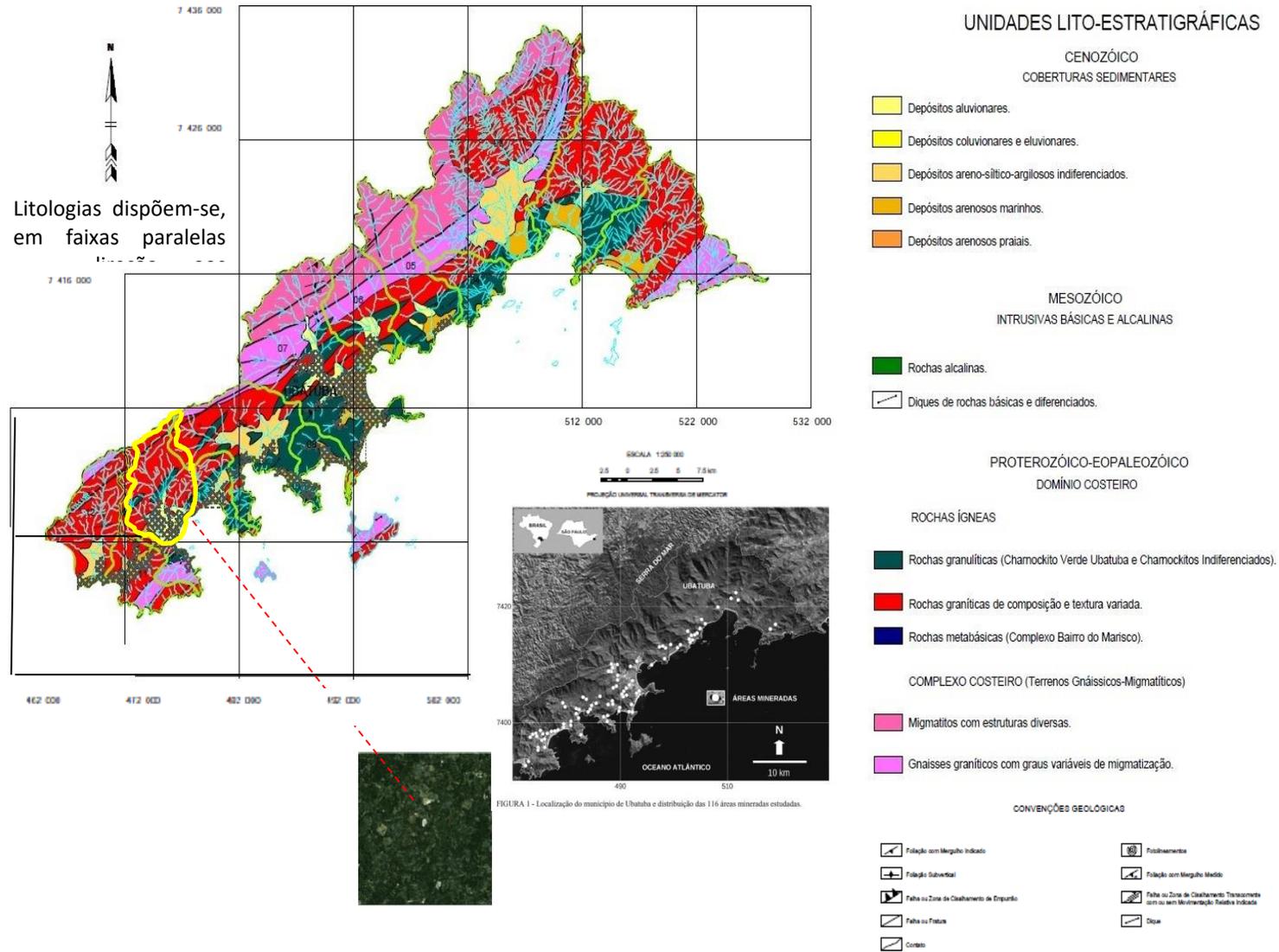


Figura 4. Características geológicas. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2001) *apud* Jorge (2004).

Ao estudarem o Complexo Costeiro, Morais *et al.* (1999) constataram a existência de cinco conjuntos litológicos em Ubatuba: migmatitos com estruturas diversas; granito-gnaisses porfiroclásticos e/ou biotita-hornblenda migmatito; biotita gnaisses gradando para migmatitos estromáticos; quartzitos e gnaisses peraluminosos; gnaisses peraluminosos passando para migmatito.

A morfogênese do litoral paulista possui sua origem no fim do Cretáceo ao Eoceno, período este caracterizado pela ocorrência dos grandes falhamentos na região sudeste, responsáveis pelo surgimento das principais escarpas de falhas do Planalto Atlântico (Ab'Saber, 1955). A evolução geológica do litoral paulista está relacionada a dois fenômenos de escalas temporais diferentes. O primeiro está situado no final do Cretáceo e é responsável pelo soergimento da Serra do Mar, enquanto o segundo diz respeito às variações do nível do mar no Quaternário (MUEHE, 2006).

Na acepção de Buzato (2012) em Ubatuba ganha destaque o relevo montanhoso da Serra do Mar, como também a planície litorânea, que apresenta uma linha de costa bastante recortada. Tais planícies são separadas por esporões, os quais tem sua origem na escarpa da Serra do Mar, avançando de forma perpendicular até o mar. No litoral norte do município ocorre uma inflexão característico de processos tectônicos de grande significância. Nesta faixa, a Serra do Mar atinge uma altitude de mais de 1.500 metros, em um setor ao norte da carta hipsométrica, contudo 900 e 1.000 metros são as altitudes máximas predominantes em extensão (Figura 5).

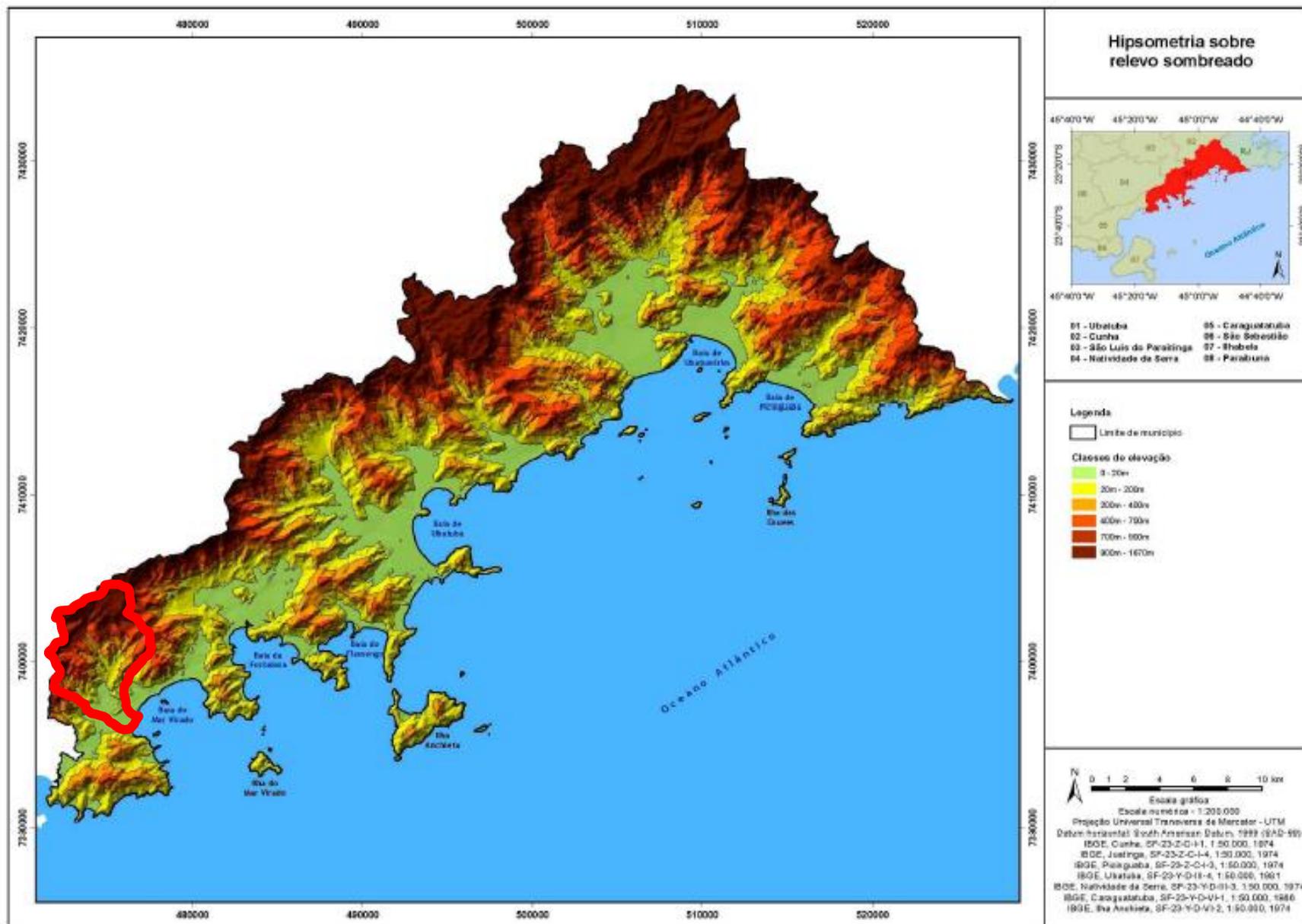


Figura 5. Hipsometria do município de Ubatuba, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Maranduba. Fonte: Buzato (2012).

Nesta perspectiva, ressalta-se a escarpa frontal da borda do Planalto Atlântico, que se rebaixa em patamares formando espigões secundários, morros e rampas colúvias até atingir a Planície Costeira (TOMINAGA, 2007). Cruz (1990) ressalta que no litoral norte de São Paulo, a Serra do Mar apresenta dois compartimentos diferentes, um a montante e o outro a jusante. Demonstra ainda que a Serra do Mar é formada por um conjunto de escarpas que marca a borda oriental dos terrenos, os quais fazem parte do período pré-cambriano da história da Terra, do Planalto Atlântico.

O primeiro compartimento, localizado a montante da Serra do Mar, é caracterizado pela presença de vertentes escarpadas, com segmentos retilíneos alongados e declivosos, entalhadas por vales e anfiteatros de acentuadas amplitudes topográficas. Em paralelo, faz-se seu recuo, sendo orientado através de linhas litotectônicas de fraqueza, ou mesmo em alvéolos. Em eventos de intensa pluviosidade, ocorre a atuação dos movimentos de massa em prancha ou por colúviação, que transportam materiais produzidos por processos de alteração e pedogênese. A jusante tem-se o segundo compartimento, formado por vertentes escarpadas degradadas ou rebaixadas em distintos níveis topográficos, localizadas nas médias e baixas encostas. Observa-se também a presença de esporões secundários, rampas erosivas e colúvias, bem como morros residuais e alvéolos (CRUZ, 1990).

No relevo escarpado da Serra do Mar, comumente se pode observar a ocorrência de movimentos de massa, condicionados, sobretudo, pelas acentuadas declividades e agravados por processos antrópicos, características condicionantes também destacadas por Guerra e Jorge (2014) na análise de movimentos de massa em Petrópolis, RJ. Ocorre o predomínio de movimentos do tipo rastejo e escorregamento, os quais podem ser verificados de forma mais intensa nos depósitos de encosta, onde o material transportado é de origem colúvionar ou corpos de tálus, solo e rocha, oriundos de escorregamentos localizados a montante. Outro tipo de movimento de massa existente na Serra do Mar é a queda de blocos, muito condicionada pelas estruturas das rochas (PONÇANO *et al.*, 1981).

Segundo Tavares *et al.* (2005), a Serra do Mar é classificada como a borda ocidental do embasamento cristalino da América do Sul, originada no Pós-cretáceo, nela ocorrem processos de escorregamentos costeiros com direcionamento NE-SW. A precipitação anual varia de 1800 a 4000 mm, nesta perspectiva, a região apresenta risco iminente de movimentos gravitacionais de massa, com destaque para os escorregamentos, uma vez que precipitações intensas em apenas 24 horas frequentemente ultrapassam 100 mm.

Cruz (1990) sintetiza a questão dos movimentos de massa nas escarpas da Serra do Mar, ressaltando que tais processos ocorrem tanto de forma isolada, quanto em grandes

extensões ao longo das escarpas, pois se trata de fenômenos naturais de modelagem das formas do relevo terrestre. As vertentes em forma de escarpas apresentam segmentos retilíneos com comprimentos longos e declivosos capazes de proporcionar a ocorrência dos movimentos de massa por gravidade.

3.3 Caracterização hidrográfica

O município de Ubatuba é constituído por diversas bacias e sub-bacias hidrográficas (Figura 6), as quais possuem diferentes características de densidade, padrão e direção nas porções sul, central e norte do município. A drenagem se destaca por se apresentar como um importante agente modelador das formas do relevo terrestre, contribuindo para o entalhamento e transporte de sedimentos, estando condicionada pelas variações climáticas da região, com ênfase para o regime pluviométrico (BUZATO, 2012).

O rio Maranduba, principal rio da bacia analisada, nasce no alto das escarpas da Serra do Mar, suas nascentes ficam localizadas a cerca de 900 metros de altitude. O rio Maranduba possui grande energia, originando corredeiras e cachoeiras, carreando rochas e material sedimentar que se depositam em declividades mais suaves. Contudo, quando o rio alcança o terço inferior da vertente, cerca de 70 metros de altitude, suas margens começam a ser ocupadas, gerando degradações que se alastram até a desembocadura (Figura 7) (BUZATO, 2012).



Figura 7. Degradação ambiental do rio Maranduba. Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).

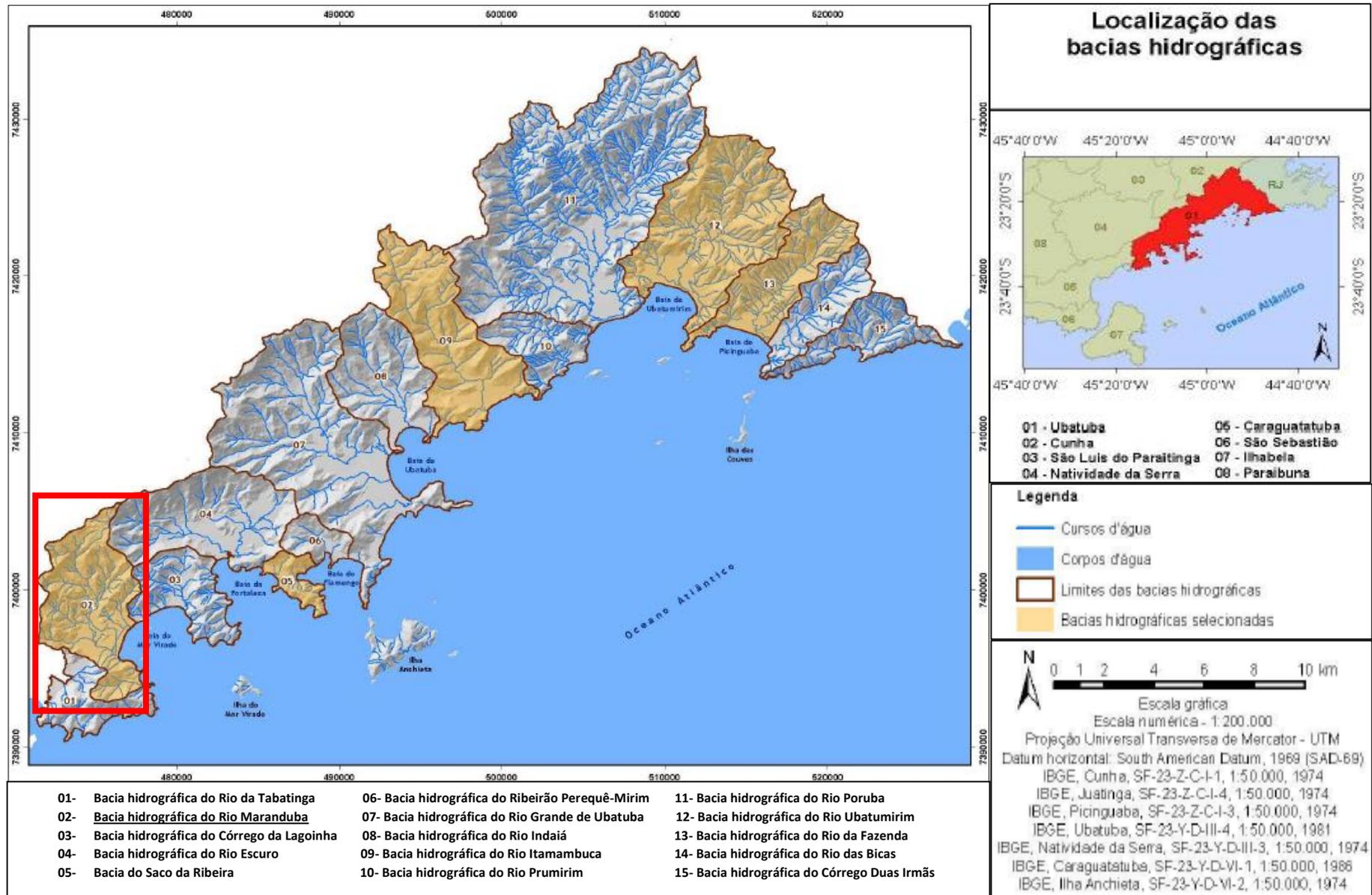


Figura 6. Bacias hidrográficas de Ubatuba, com destaque para a bacia hidrográfica do rio Maranduba. Fonte: Modificado de Buzato (2012).

Ubatuba é cortada por uma série de rios e córregos de características diferentes, além do rio Maranduba, existem rio da Prata, rio Escuro, rio Grande de Ubatuba, rio Indaiá, rio Itamambuca, rio Puruba, rio Fazenda, rio Iriri, rio das Bicas, córrego Duas Irmãs, córrego Lagoinha, rio Acaraú, rio Promirim, rio Quiririm e rio Ubatumirim (TOMINAGA, 2007).

Os rios principais, na Província Costeira, possuem suas nascentes nas escarpas da Serra do Mar ou nas vertentes dos promontórios e morros isolados. De acordo com a altitude e declividade acentuada dos rios que nascem nas escarpas, estes tendem a possuir um fluxo hídrico rápido, induzindo tanto ao processo de entalhamento quanto ao transporte de sedimentos. Pode-se verificar a presença de grande quantidade de blocos e matacões, os quais são transportados pela força da drenagem e depositados em áreas com declividades mais suaves (BUZATO, 2012) (Figura 8).



Figura 8. Blocos rochosos arredondados depositados em áreas com declividades suaves no rio Maranduba, próximo ao Sítio Santa Cruz – Pousada das Cachoeiras. Fotos: Aline M. Rodrigues (2014).

3.4 Caracterização pedológica

Na região que abrange a Serra do Mar ocorre o predomínio dos Cambissolos, associados às escarpas, às planícies fluviais e aos colúvios das médias e baixas vertentes. Os Neossolos Litólicos podem ser encontrados em relevos de alta declividade, nas altas vertentes e topos de morros (ROSSI, 1999; FIERZ, 2008).

De acordo com Oliveira (1999), no município de Ubatuba podem ser identificados além dos Cambissolos, os Latossolos e Espodossolos. Estes são comumente encontrados em pequenos trechos da planície, já os Latossolos estão presentes em pequenos trechos na região serrana. Os Cambissolos, formados pelo horizonte B, câmbio ou incipiente, pouco evoluídos,

são os solos mais presentes na região, ocorrem tanto em terrenos situados em relevo bem acidentado, desde forte ondulado a escarpado, quanto em terrenos de planícies aluviais.

Tominaga (2007), ao estudar o município de Ubatuba pretendendo realizar uma análise de risco aos escorregamentos, constatou que os Neossolos Litólicos estão presentes nas médias e altas vertentes e nos topos angulosos dos morros alongados. Em contrapartida, os Cambissolos são encontrados nas baixas vertentes e nos topos convexos. Os Argissolos, por sua vez, são menos comuns, estão presentes nos morrotes convexos e nas baixas vertentes dos setores côncavos.

Dados publicados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (2003) apontam que:

“As diferentes subdivisões de classes de solos existentes foram agrupadas em quatro conjuntos principais, na área de estudo: Associação Latossolo vermelho amarelo + Cambissolo, ambos de textura média/argilosa; Associação Latossolo vermelho amarelo + Podzólico vermelho amarelo, ambos com textura argilosa; Solos Litólicos e Cambissolos; Gleys, Solos Hidromórficos e Solos Orgânicos.” (IPT, 2003).

No Litoral Norte de São Paulo os Solos Litólicos e Cambissolos são pouco desenvolvidos e com pouca espessura. Ocorrem tanto sobre rochas pouco alteradas ou isentas de alteração intempérica quanto em áreas com grande quantidade de cascalho e fragmentos de rocha. Os Cambissolos encontrados na região estão presentes em relevos bastante movimentados, em encostas que apresentam alta declividade, escarpas e serras restritas, constituídas por diferentes litologias do embasamento cristalino, principalmente sobre as rochas heterogêneas (IPT, 2003; FIERZ, 2008).

Portanto, de modo geral, a espessura dos solos nas áreas de vertente é pequena, aprofunda-se nas áreas de crista dos espigões e nos fundos de vale, estando relacionado aos processos de movimentos de massa, à inclinação da vertente, à estrutura da rocha mãe e à pluviosidade da área. Encontra-se, comumente, logo abaixo da camada de serrapilheira o solo superficial, sendo este resultante da pedogênese, abaixo deste ocorrem os saprolitos, produto de alteração do embasamento rochoso. Através de processos de escorregamento, rastejo e erosão, formam-se solos localizados nas áreas mais baixas da vertente, os colúvios (SANTOS, 2004; GOBBI & LADEIRA, 2011).

3.5 Mudanças econômicas, sociais e ambientais.

Analisando o histórico de ocupação de Ubatuba, verifica-se que a região passou tanto por períodos de isolamento quanto por períodos de elevado e rápido crescimento populacional referente à década de 1970, período este compatível com a implantação de acessos, facilitando o tráfego na região, sobretudo após a abertura da Rodovia BR-101 (Rio-Santos) (SILVA, 1975; LUCHIARI, 1999; BUZATO, 2012).

A tabela 3 a seguir representa as transformações socioeconômicas e ambientais verificadas em Ubatuba de 1500 até a atualidade, demonstrando que a abertura da Rodovia BR-101 foi um marco importante para o município, principalmente por facilitar o acesso ao Litoral Norte. Possibilitou-se, assim, a criação de loteamentos, condomínios fechados, serviços e comércio para o turismo crescente da região, supervalorizando a faixa da orla marítima margeada pela Rodovia BR-101. A população caiçara, por sua vez, foi sendo cada vez mais deslocada para áreas afastadas das planícies, perdendo suas características culturais. Drásticas mudanças na demanda de recursos e no uso e ocupação do solo em Ubatuba puderam ser verificadas, a partir das transformações na infraestrutura urbana, com colocação de rede de esgoto, captação e tratamento de água, transporte, etc., gerando impactos ambientais de acordo com o remanejamento e exploração de recursos naturais (BUZATO, 2012).

Tabela 3. Ciclos de mudança socioeconômica e ambiental em Ubatuba.

Período	Principais Eventos	Mudanças/Impactos
De 1500 ao fim do século XIX.	Ciclos do Açúcar, Ouro (saída pelo porto), Café exportação.	Desmatamento, técnicas/manejo rudimentares, exaustão dos solos.
Século XX até a década de 1950.	Retração da economia, abandono pelos colonos, subsistência caiçara.	Recuperação das áreas (vegetação, solos, rios, vertentes). Preservação ambiental.
De 1950 a 1970.	Pesca comercial, turismo pela natureza, início da especulação imobiliária.	Baixo impacto ambiental, poucas mudanças.
De 1970 até hoje.	BR 101 (Rio-Santos), urbanização, verticalização, marinas, turismo.	Novos modelos socioeconômicos, desmatamento, poluição, movimentos de massa, periferia.

Fonte: Modificado de Buzato (2012)

Por conseguinte, entende-se que o município de Ubatuba passou por mudanças sociais, econômicas e ambientais ao longo do tempo, experimentando episódios de crescimento populacional fomentados pela atividade econômica e por episódios de estagnação, de acordo com questões político-administrativas. Os recursos naturais, por sua vez, forneceram as bases para a sustentação dos ciclos econômicos, sendo intensamente explorados e degradados, tendo em vista a fragilidade ambiental que o município apresenta, como a elevada declividade e o alto índice pluviométrico (BUZATO, 2012; JORGE, 2014).

Na acepção de Raimundo (2007), o processo de especulação imobiliária, conjugado ao incentivo ao turismo como principal atividade econômica desempenhada pelo município de Ubatuba, a partir da implantação da rodovia BR-101, podem ser consideradas iniciativas que resultaram em novos processos de re-territorialização no Litoral Norte de São Paulo. Contudo, esse rápido crescimento populacional impulsionou a ocupação em áreas de proteção ambiental, à medida que o processo de urbanização não foi planejado adequadamente.

O uso e manejo inadequados do solo em Ubatuba, impulsionados pelo turismo, tem ocasionado uma série de impactos na área, sobretudo, nas áreas urbanizadas ou em vias de urbanização, gerando a poluição de água doce a partir da retirada da cobertura vegetal, extração mineral para abastecer a construção civil, entre outros (AFONSO, 1999; JORGE, 2014). O crescimento populacional verificado no Litoral Norte de São Paulo, o qual inclui os municípios de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba, não apresenta uma infraestrutura urbana adequada, agravando os problemas sociais, ambientais e culturais, colocando em risco as áreas de proteção ambiental. Este processo tende a prejudicar a qualidade ambiental, a qualidade de vida da população e a qualidade dos próprios recursos naturais encontrados no município, podendo comprometer a atividade turística, que é a principal fonte de geração de renda da região (JORGE, 2014).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), pode-se constatar um elevado crescimento populacional em Ubatuba entre os anos de 1991 e 2000, porém, entre os anos 2000 e 2010 ocorreu uma diminuição no ritmo de crescimento da população. Segundo a tabela abaixo, de 2000 a 2010, o número de habitantes passou de 66.861 para 78.801 (Tabela 4).

Tabela 4. Municípios do Litoral Paulista – População Residente e Taxa Geométrica de Crescimento Atual (TGCA) 1991, 2000 e 2010.

Municípios	Anos			TGCA 1991-2000	TGCA 2000-2010
	1991	2000	2010		
Bertioga - SP	11.426	30.039	47.645	11,34	4,42
Cubatão - SP	91.136	108.309	118.720	1,94	0,96
Guarujá - SP	210.207	264.812	290.752	2,60	0,93
Itanhaém - SP	46.074	71.995	87.057	5,08	1,92
Mongaguá - SP	19.026	35.098	46.293	7,04	2,80
Peruíbe - SP	32.773	51.451	59.773	5,14	1,52
Praia Grande - SP	123.492	193.582	262.051	5,12	3,17
Santos - SP	417.100	417.983	419.400	0,02	0,04
São Vicente - SP	268.618	303.551	332.445	1,37	0,94
São Sebastião - SP	33.890	58.038	73.942	6,16	2,48
Ilhabela – SP	13.538	20.836	28.196	4,91	3,12
Caraguatatuba - SP	52.878	78.921	100.840	4,55	2,49
Ubatuba - SP	47.398	66.861	78.801	3,90	1,72

Fonte: Modificado IBGE, censo 1991, 2000 e 2010.

3.6 A exploração clandestina de saibro

Considerando o conjunto formado pelos estados que compõem o Litoral Norte de São Paulo, observa-se um expressivo desenvolvimento desta região, proporcionado, principalmente, pela atividade turística, causando grande pressão aos recursos naturais, à medida que a região apresenta inestimável relevância ecológica, contando com importantes reservas naturais para a conservação da biodiversidade. Apesar de existirem severas restrições para a ocupação territorial e uso dos recursos naturais, as condições ambientais naturais são afetadas cotidianamente por fatores externos, colocando em risco a frágil estabilidade geodinâmica presente no revelo montanhoso da Serra do Mar. Desta forma, a mineração pode ser entendida como um importante elemento modificador das condições ambientais no Litoral Norte de São Paulo, em especial, no município de Ubatuba, explorando bens de uso direto na

construção civil, como areia, saibro, brita e rocha ornamental (FERREIRA *et al.*, 2008; JORGE, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2015).

O saibro, muito utilizado na construção civil e na manutenção de redes viárias, é um material incoerente, originado a partir da ação do intemperismo incipiente de rochas graníticas, contém quantidade elevada de pequenos fragmentos de feldspatos e quartzos, suas jazidas se encontram entre o solo e a rocha matriz ainda não intemperizada (SILVA e TOLEDO, 2010). O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2003) ressalta que o saibro é um material argiloso-arenoso alterado, originado por meio da decomposição química incompleta e desagregação mecânica também incompleta de rochas, conserva vestígios da estrutura original. Já o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004) define saibro como:

“Material proveniente da decomposição química incompleta de rochas feldspáticas leucocráticas (granitos e gnaisses), conservando vestígios da estrutura/textura original. Intermediária entre o moledo e a argila (estágio final da decomposição). O saibro comum é muito poroso e permeável, sendo desmontável com enxadão. Quando mais resistente, só é desmontável com a utilização da picareta, fornecendo um produto encarado (fragmentos de feldspatos semidecompostos) conhecido como *saibrão*; semelhante ao moledo” (IBGE, 2004, p. 275).

Eduardo (2008) destaca que em Ubatuba a exploração de saibro e produtos associados, como rocha para cantaria e ornamental, possui elementos agravantes no que se refere à degradação ambiental, pois nas últimas quatro décadas foram realizadas tanto de forma desordenada quanto sem exercer compromisso com a correta finalização da lavra e também com a recuperação dos ambientes expostos à degradação. Contudo, a partir da década de 1980, o Poder Público passou a exercer ações fiscalizadoras que resultaram em benefícios para a conservação dos recursos naturais, limitando a atividade mineradora na região, mas não obteve sucesso na recuperação das áreas que foram degradadas.

A produção de saibro em Ubatuba ocasionou grave degradação ambiental, foram verificadas 116 áreas de exploração de saibro e rocha ornamental, estas áreas, na maioria das vezes, são pequenas, com dimensão média em torno de 31.000 m², mas que podem variar de 800 m² até cerca de 150.000 m², impactando porções significativas do território do município (FERREIRA *et al.*, 2008) (Figura 9). Nesta perspectiva, a figura a seguir apresenta, através dos pontos amarelos, a distribuição das áreas de mineração no município de Ubatuba, demonstrando que esta atividade é extremamente presente.



Figura 9. Distribuição de áreas de mineração no município de Ubatuba. Fonte: Eduardo (2008).

Ferreira *et al.* (2005) apontam três características da atividade de produção mineral de saibro em Ubatuba: 1- entre as décadas de 1960 e 1990, a mineração de saibro ocorreu de forma clandestina; 2- a recuperação ambiental realizada pelos setores públicos não obteve sucesso, tendo em vista as dificuldades encontradas para a identificação dos responsáveis pela extração e complexidade da divisão de responsabilidades; 3- a morosidade na legalização e obtenção de licenças ambientais e minerárias dos empreendimentos. Portanto, pode-se verificar a existência de grande quantidade de áreas degradadas pela produção mineral de saibro no município de Ubatuba ainda nos tempos atuais, à medida que não são implementadas medidas de recuperação destas áreas, sendo que as iniciativas de fiscalização também são falhas.

Jorge (2014) destaca, portanto, que a extração de saibro possui grande potencial de impacto ambiental, gerando instabilidades nas encostas, como corrida de lama, erosão acelerada e escorregamento, perda da camada mais superficial do solo, queda e blocos, além do impacto visual na paisagem, tornando necessária a ação fiscalizadora do Poder Público, de modo a coibir esta atividade ilegal, bem como promover medidas de recuperação ambiental nas áreas afetadas. Por fim, Silva (2011) reitera que a atividade mineradora gera um impacto visual muito forte e proporciona a perda da qualidade ambiental.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de realizar uma síntese da metodologia, são apresentados no fluxograma abaixo as etapas seguidas para o desenvolvimento da presente dissertação de mestrado (Figura 10).

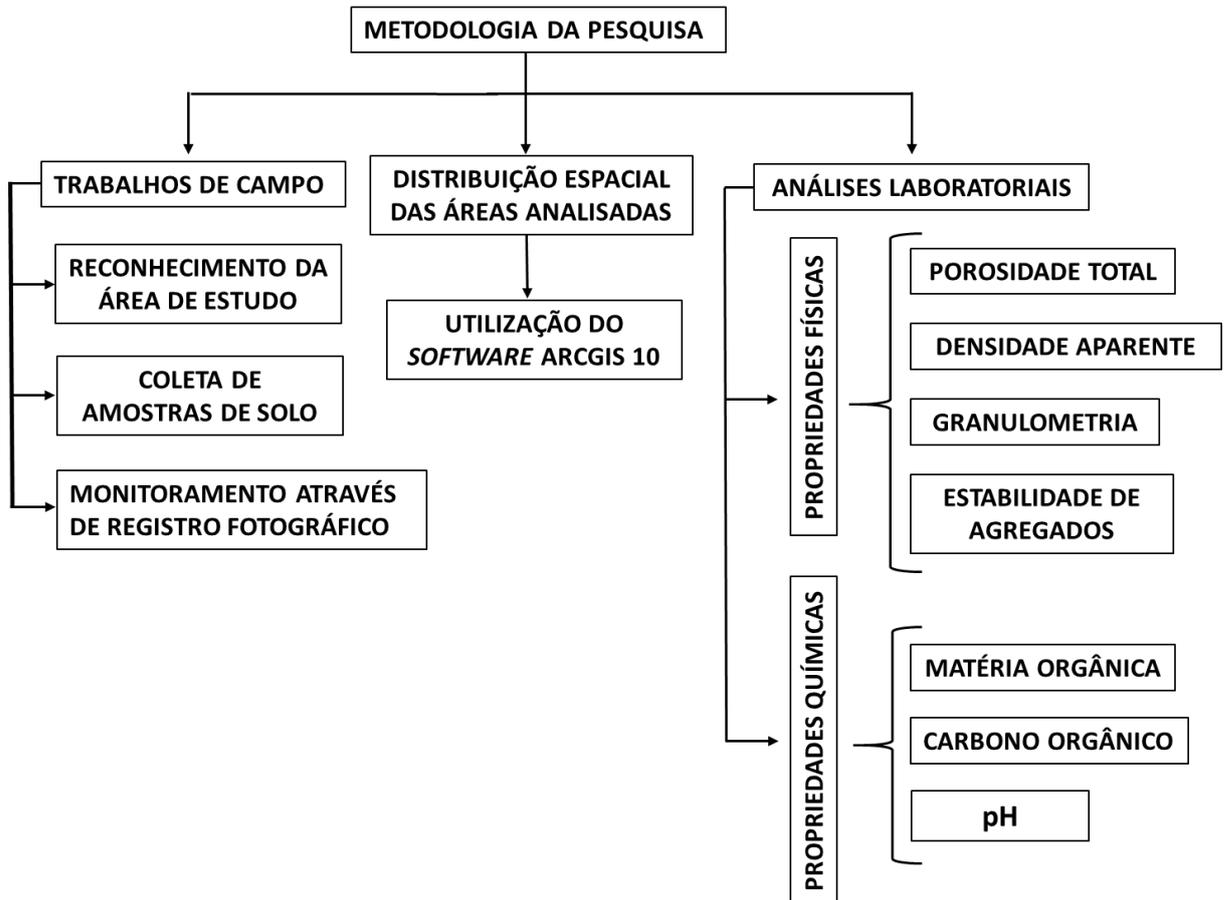


Figura 10. Fluxograma da metodologia utilizada para a realização da pesquisa. Elaboração: Aline M. Rodrigues (2016).

4.1 Escolha dos locais para a coleta de amostras (trabalhos de campo)

No primeiro momento da pesquisa, buscou-se o reconhecimento de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio Maranduba. Para tal fim, realizou-se o primeiro trabalho de campo, em outubro de 2014, visando o reconhecimento geral da área de estudo, onde se pode constatar que o município de Ubatuba está sujeito aos eventos de degradação, como os cortes de taludes para a retirada clandestina de saibro e a ocupação irregular em encostas, deixando as mesmas mais susceptíveis aos processos de erosão e movimentos de massa, por exemplo.

Em fevereiro de 2015 aconteceu o segundo trabalho de campo, onde foram selecionados nove taludes degradados pela ação antrópica (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P9) e duas áreas de floresta conservada (P10 e P11) (Figura 11) (Tabela 5).

Em agosto e outubro de 2015, visando monitorar as alterações antrópicas nas áreas anteriormente selecionadas, através de registro fotográfico, realizou-se o terceiro e quarto trabalhos de campo.

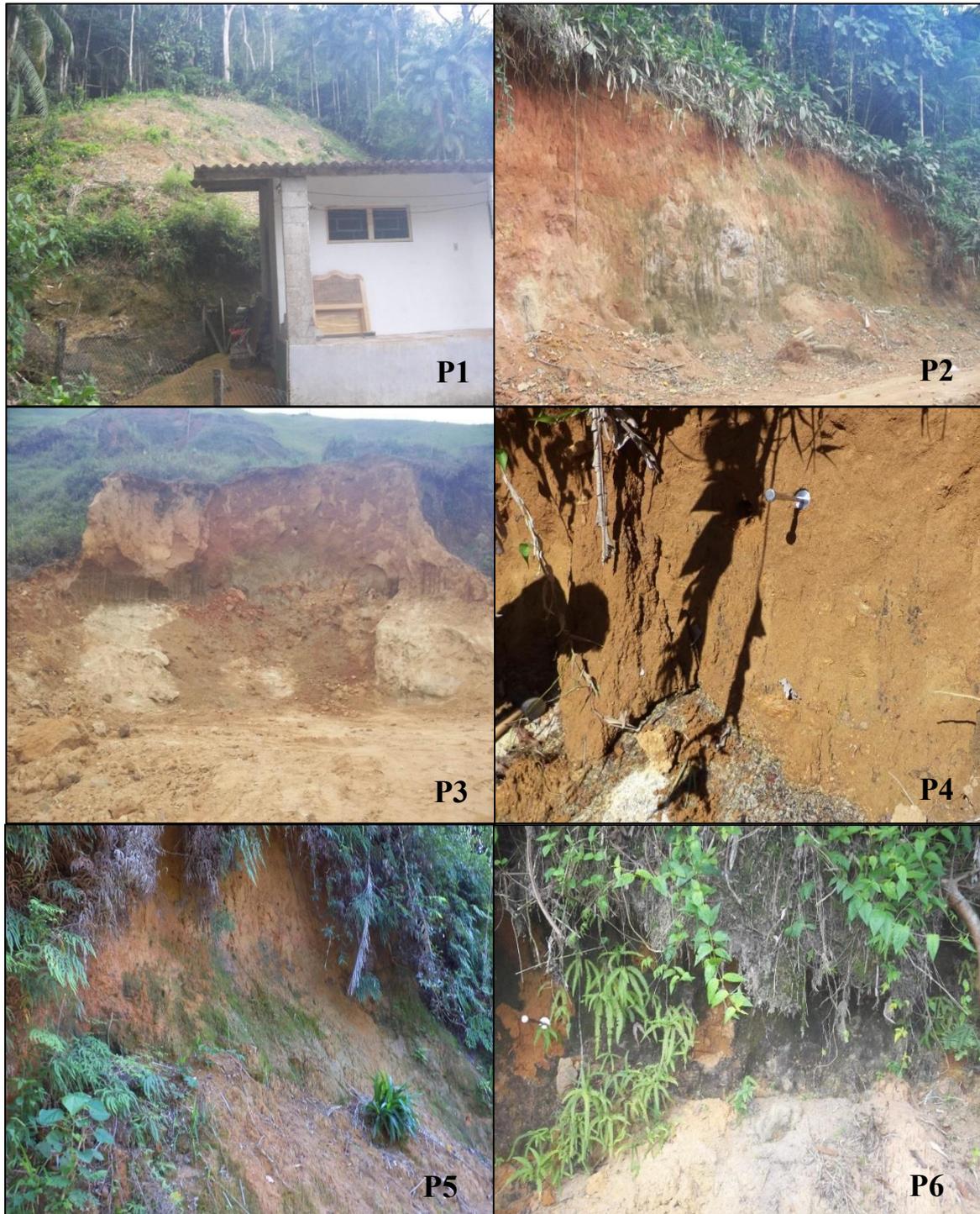




Figura 11. Imagens dos pontos de coleta de amostras (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).

Tabela 5. Características dos pontos de coleta de amostras.

Pontos de Coleta de Amostras	Localização UTM	Elevação em Relação ao Nível do Mar	Declividade da Área	Características dos Pontos de Coleta
P1	N – 0473449 E - 7396716	13 metros	50°	Encosta degradada por construções irregulares, localizado na Rua João Jorge. Presença de vegetação superficial, conferindo ao solo uma coloração mais escura decorrente da presença de matéria orgânica.
P2	N – 0473718 E – 7396899	9 metros	80°	Corte de encosta localizada na Estrada do Araribá. Local de retirada ilegal de saibro. Presença de saprolito.
P3	N – 0475815 E – 7397652	13 metros	55°	Encosta exposta à retirada ilegal de saibro no bairro Sertão do Ingá. Presença de saprolito.
P4	N – 0475841 E – 7397762	8 metros	78°	Encosta exposta à retirada ilegal de saibro no bairro Sertão do Ingá. Contato solo-rocha abrupto.
P5	N – 0475179 E – 7398867	6 metros	61°	Corte de encosta localizada na Estrada das Cachoeiras. Local de retirada ilegal de saibro.
P6	N – 0473618 E – 7396524	15 metros	66°	Encosta degradada por construções irregulares localizada no Sítio Lama Mole Araribá.
P7	N – 0474444 E – 7397663	6 metros	87°	Encosta degradada por construções irregulares e retirada ilegal de saibro, localizada no bairro Sertão da Quina.
P8	N – 0473587 E - 7396241	13 metros	80°	Talude degradado localizado no Sítio Lama Mole Araribá. Neste local, pode-se perceber a presença do horizonte A, por isso as amostras foram coletadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade.
P9	N – 0474218 E - 7395531	9 metros	45°	Encosta degradada pela retirada ilegal de saibro localizada na Estrada do Costão, próximo ao Sítio Lama Mole. Presença de horizonte A, onde as amostras forma coletadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade.
P10	N – 0474281 E – 7395894	5 metros	37°	Área de floresta preservada localizada no Sítio Recanto da Paz/Gengibre de Ubatuba. Solos de coloração escura, presença de matéria orgânica.
P11	N – 0474165 E - 7395895	13 metros	40°	Área de floresta preservada localizada no Sítio Recanto da Paz/Gengibre de Ubatuba. Solos de coloração escura, presença de matéria orgânica.

Elaboração: Aline M. Rodrigues (2015).

4.2 Coleta das amostras

Para o desenvolvimento do diagnóstico ambiental de áreas degradadas, após realizar a escolha dos taludes degradados, foram coletados em campo 11 blocos de solo e amostras volumétricas de solos em triplicata, totalizando 39 amostras volumétricas (nos pontos P8 e P9, as amostras foram coletados em duas profundidades), em 11 pontos distintos na bacia hidrográfica do rio Maranduba, em Ubatuba/SP, de modo a entender os processos de degradação que esta paisagem vem sofrendo, refletindo imediatamente na qualidade ambiental dos solos da região.

As amostras foram coletadas, na maioria das vezes, em locais onde o horizonte de saprolito se fez presente. As encostas que apresentaram horizonte A foram poucas, visto que o tipo de degradação mais comum na bacia hidrográfica do rio Maranduba está relacionado à retirada clandestina de saibro e à ocupação irregular em encostas, fazendo com que o solo mais superficial fosse removido. Portanto, em áreas onde foi possível constatar a presença do horizonte A, sendo também possível o acesso, foram coletadas amostras de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade em triplicata (P8 e P9) (Figura 12A). Em áreas onde tal constatação e o acesso não foram possíveis foram coletadas amostras somente na parte intermediária do talude em triplicata (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) (Figura 12B). Nas duas áreas de floresta (P10 e P11) as amostras foram coletadas de 0-20 cm de profundidade.

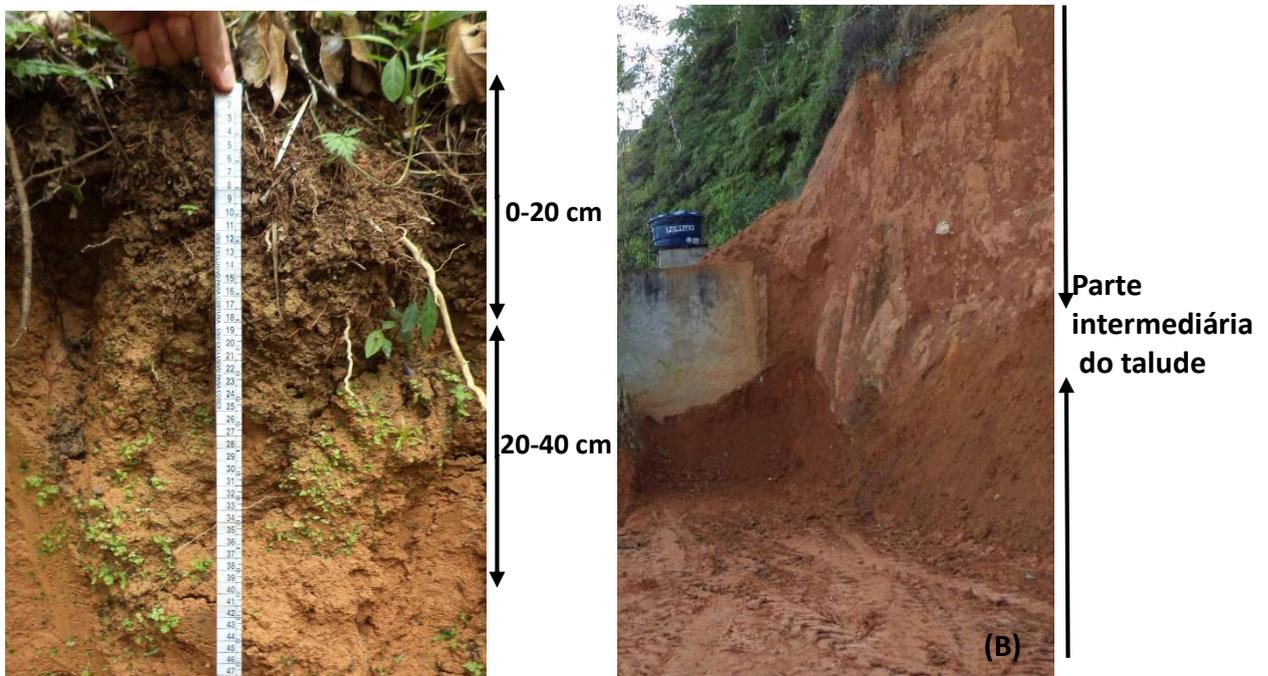


Figura 12. Coleta de amostras de solo de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade (A) e na parte intermediária do talude (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

A coleta das amostras volumétricas foi realizada através da utilização de anéis de Kopeck de 100 cm³ (Figura13), visando a determinação da densidade aparente do solo, da porosidade total, granulometria, pH, teor de matéria orgânica e carbono orgânico. Os blocos de solo, por sua vez, foram coletados para a determinação da estabilidade dos agregados por via úmida.



Figura 13. Utilização de anéis de Kopeck de 100 cm³ para a retirada de amostras volumétricas. Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).

As análises das amostras coletadas em campo foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho de Meis do Departamento de Geografia da UFRJ.

4.3 Distribuição espacial das áreas analisadas

Para compor a distribuição espacial das áreas analisadas na bacia hidrográfica do rio Maranduba, foram coletadas em campo, através do GPS GARMIN 60, as coordenadas exatas de taludes degradados por construções irregulares e pela retirada ilegal de saibro, além das coordenadas das áreas de floresta, visando a geração de um mapa de localização através da utilização do *software* ArcGis 10 (Esri). Foram utilizadas quatro cartas topográficas de 1:50.000 (IBGE, 1973): Caraguatatuba, Ilha da Anchieta, Natividade da Serra e Ubatuba, para compor o *shape* da bacia hidrográfica do rio Maranduba (Figura 14).

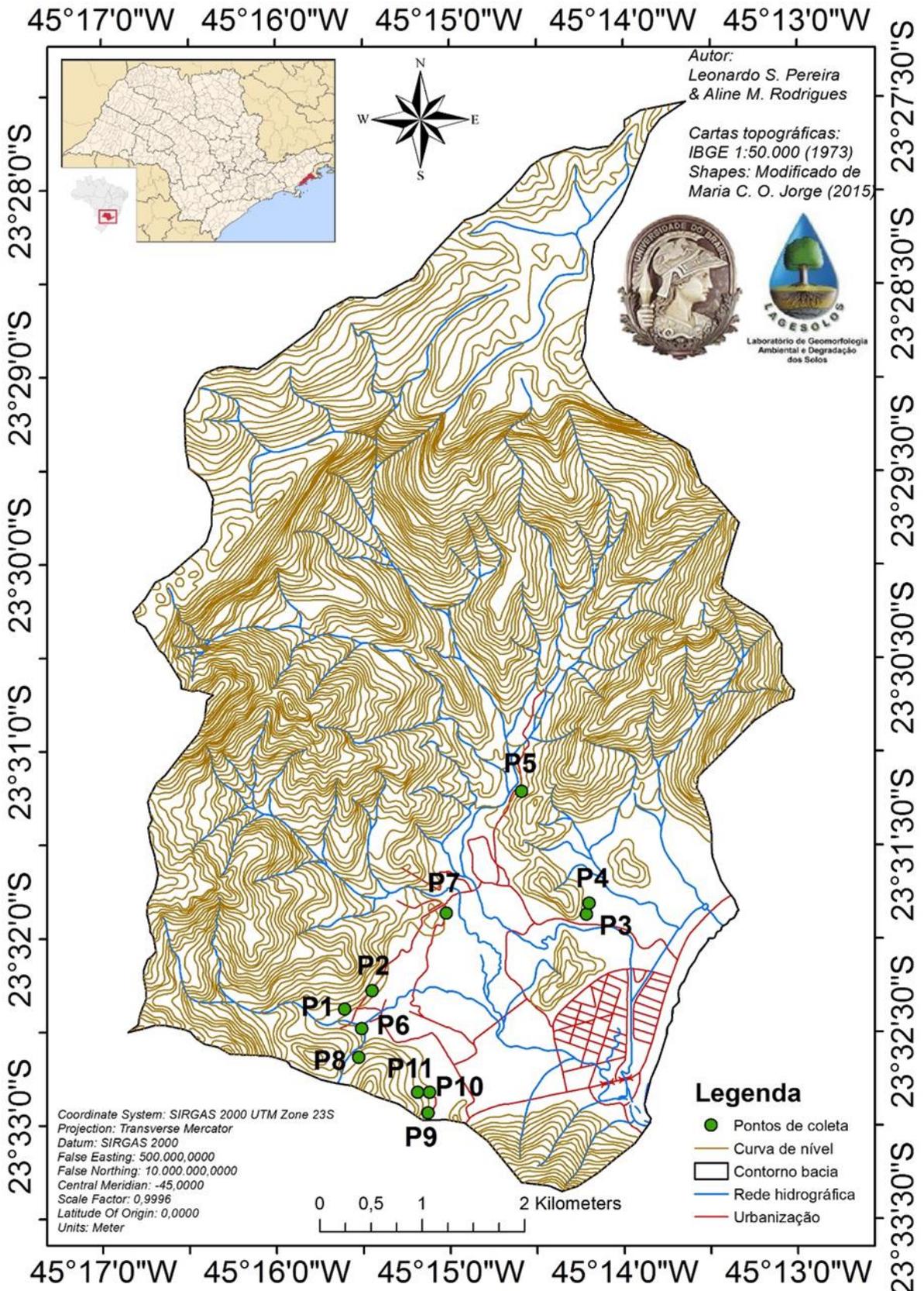


Figura 14. Localização dos pontos de coleta de amostras de solo nas áreas analisadas na bacia hidrográfica do rio Maranduba. Elaboração: Leonardo dos S. Pereira e Aline M. Rodrigues (2016).

4.4 Análises das propriedades do solo

4.4.1 Propriedades físicas

4.4.1.1 Porosidade total e densidade aparente do solo

Para a realização destas análises foi seguido o método proposto pela EMBRAPA (1997), onde a coleta do solo foi realizada através da utilização de anéis de Kopeck de 100 cm³, o chamado solo volumétrico.

A porosidade determina o volume de poros totais do solo que está ocupado por água e/ou ar, sendo afetada pela densidade e a compactação do solo, desta forma, quanto maior for o grau de compactação, menor será a porosidade total encontrada no solo e maior será a densidade aparente e a resistência à penetração, dificultando a circulação da água e ar no sistema solo.

Portanto, para determinação da porosidade total, foi utilizada análise da densidade real para se basear no cálculo, onde:

- **Porosidade Total = 100 (densidade real – densidade aparente) / densidade real**
- **Densidade Aparente (g/cm³) = peso da amostra seca (g) / volume do anel cm³**

4.4.1.2 Granulometria

A textura tende a ser considerada uma das características mais estáveis do solo, podendo ser determinada através de análises granulométricas. A relação de maior ou menor suscetibilidade dos solos à erosão depende da predominância das frações granulométricas, as frações mais propícias à erosão são as frações silte e areia, sobretudo, areia fina, já a fração de remoção mais difícil é a argila, uma vez que esta fração possui maior capacidade de agregação (MORGAN, 2005; FREITAS *et al.*, 2014). Contudo, torna-se necessário, ainda, a presença da matéria orgânica, pois se trata de um constituinte do solo que permite maior agregação e coesão entre as partículas (SPERA *et al.*, 2010; SANTOS & PEREIRA, 2013).

Para a realização da análise granulométrica foi utilizado o método da pipeta (dispersão total), onde o solo coletado em campo foi destorroado e separado através do peneiramento em frações grossas e finas. Foram, então, pesadas 20 gramas de solo e adicionados 10 ml de dispersante (hidróxido de sódio - NaOH) e 100 ml de água destilada, a solução foi agitada com um bastão de vidro e permaneceu em repouso durante 12 horas.

Posteriormente, a amostra foi levada ao aparelho denominado “mix” (agitador elétrico) por 15 minutos, após esse processo o material foi lavado em uma peneira de 0,053mm localizada sob uma proveta de 1000 ml, onde a fração areia ficou retida na peneira, enquanto a fração silte e argila passaram por ela e se depositaram na proveta. Após esse procedimento, a solução foi agitada por 20 segundos, mediu-se a temperatura e marcou-se o tempo após a conclusão da agitação. Logo, foi introduzida uma pipeta de 50 ml até a profundidade de 5 cm, onde coletou-se a fração argila. As frações de areia e argila foram levadas à estufa por 24 horas a 105°C. Após a secagem, foi analisado o seu peso e calculado o valor do percentual das frações granulométricas (Figura 15) (EMBRAPA, 1997).

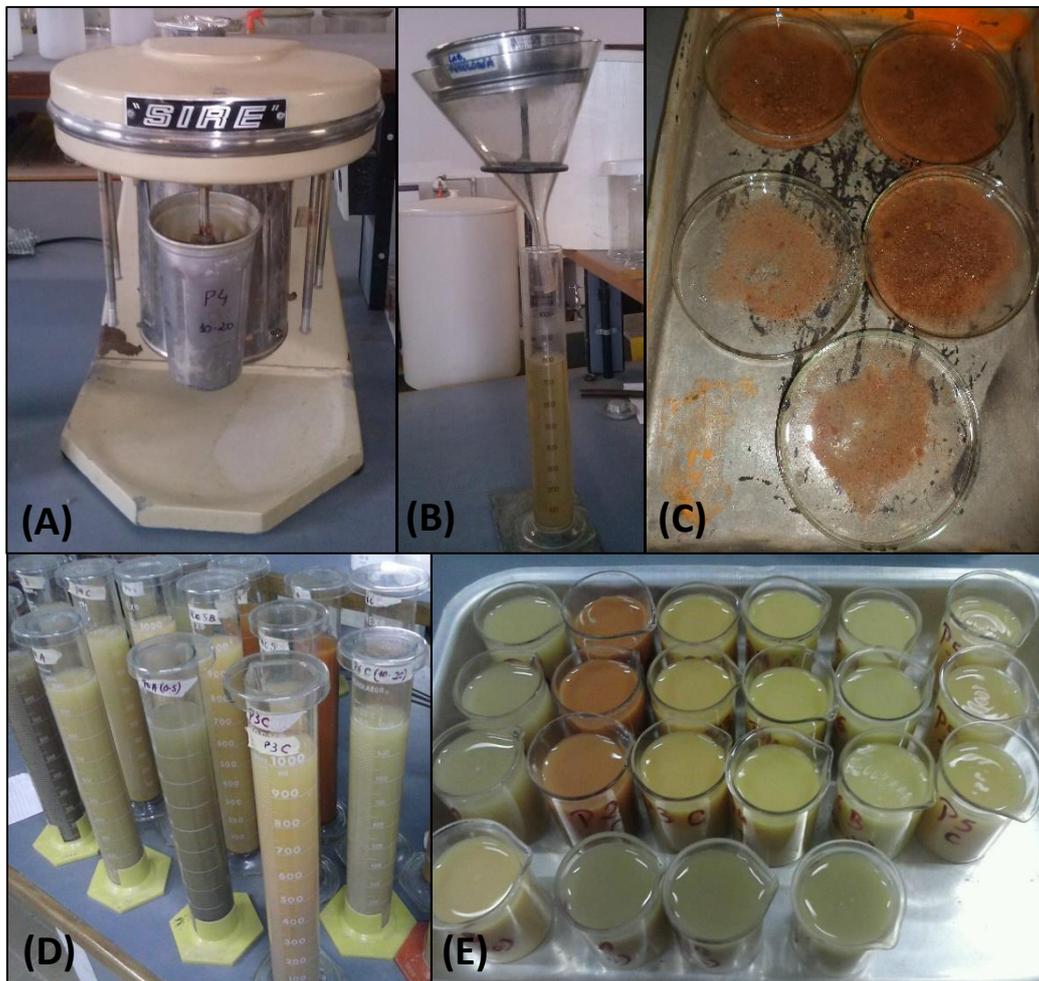


Figura 15. Procedimentos da análise granulométrica. Agitador elétrico (A); Lavagem da amostra na peneira (B); areia retida na peneira (C); provetas com amostras para decantação (D); amostras após o procedimento de pipetagem (E). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

Expressões utilizadas:

➤ Teor de argila

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

Onde: T_{arg} = Teor de argila (g/kg); m_{arg} = massa de argila (g) e m_d = massa de dispersante (g).

➤ Teor de areia fina

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

Onde: T_{af} = Teor de areia fina (g/kg); m_{af} = massa de areia fina (g).

➤ Teor de areia grossa

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

Onde: T_{ag} = Teor de areia grossa (g/kg); m_{af} = massa de areia fina (g); e m_{at} = massa de areia total (g).

➤ Teor de silte

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

Onde: T_s = Teor de silte (g/kg); T_{arg} = Teor de argila (g/kg); T_{af} = Teor de areia fina (g/kg); e T_{ag} = Teor de areia grossa (g/kg).

4.4.1.3 Estabilidade dos agregados por via úmida

Para a análise da estabilidade dos agregados por via úmida foi utilizado o método proposto por Yoder (1936) através do equipamento batizado com o seu nome, de modo a medir a quantidade e a distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água, tornando possível, assim, entender a sua estabilidade e resistência.

Para tal fim, em campo, foram coletados blocos de solo que em laboratório foram secos ao ar e levemente destorroados a mão em peneira de 20 cm de diâmetro e de abertura de malha de 4 mm, retendo os agregados na malha de 2 mm. Foi pesado 25 g de agregados em triplicata, onde duas amostras de 25 g foram colocadas no jogo de peneira do equipamento (2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,125 mm) e uma amostra foi para estufa a 105°.

As amostras foram submetidas a oscilações verticais na água a uma frequência de 32 oscilações por minuto durante 15 minutos. Após esse procedimento foram retirados os agregados de cada diâmetro da malha e levados a estufa a 105° C para secagem durante 24 horas. Retirou-se da estufa e esfriou-se em dessecador para pesagem de cada fração (EMBRAPA, 1997) (Figura 16). Os valores obtidos após cada pesagem foram utilizados para

cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA) (CASTRO FILHO *et al.*,1998).

Expressões utilizadas:

$$\text{DMP (mm)} = \sum_{i=1}^n (X_i \cdot W_i)$$

Onde: W_i = proporção (%) de cada classe em relação ao total.

X_i = diâmetro médio das classes.

$$\text{DMG (mm)} = \exp \frac{\sum W_i \ln X_i}{\sum W_i}$$

Onde: W_i = proporção (%) de cada classe em relação ao total.

X_i = diâmetro médio das class.

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

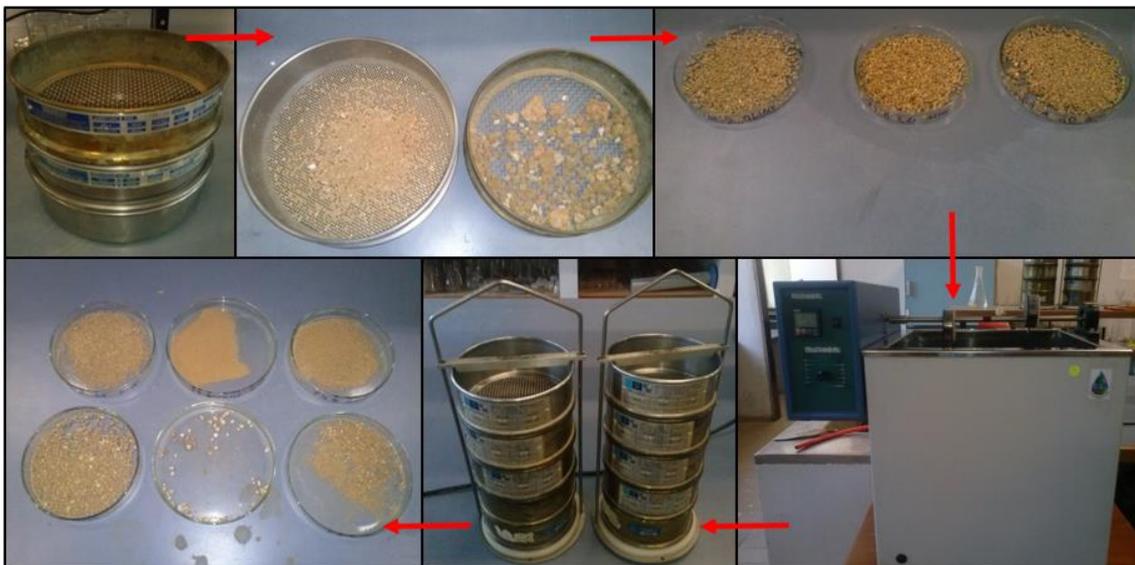


Figura 16. Determinação da estabilidade dos agregados por via úmida. Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), cada um deles representa um princípio diferente. O DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes que ficam retidos nas

peneiras com malhas maiores. O DMG diz respeito à estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência. O IEA está relacionado à medida da agregação total do solo, não considera a distribuição por classes de agregados (KEMPER, 1965; CASTRO FILHO *et al.*, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

4.4.2 Propriedades químicas

4.4.2.1 pH

A determinação da acidez ou alcalinidade do solo foi realizada através de um Potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão solo: água, de acordo com o método da EMBRAPA (1997) (Figura 17).

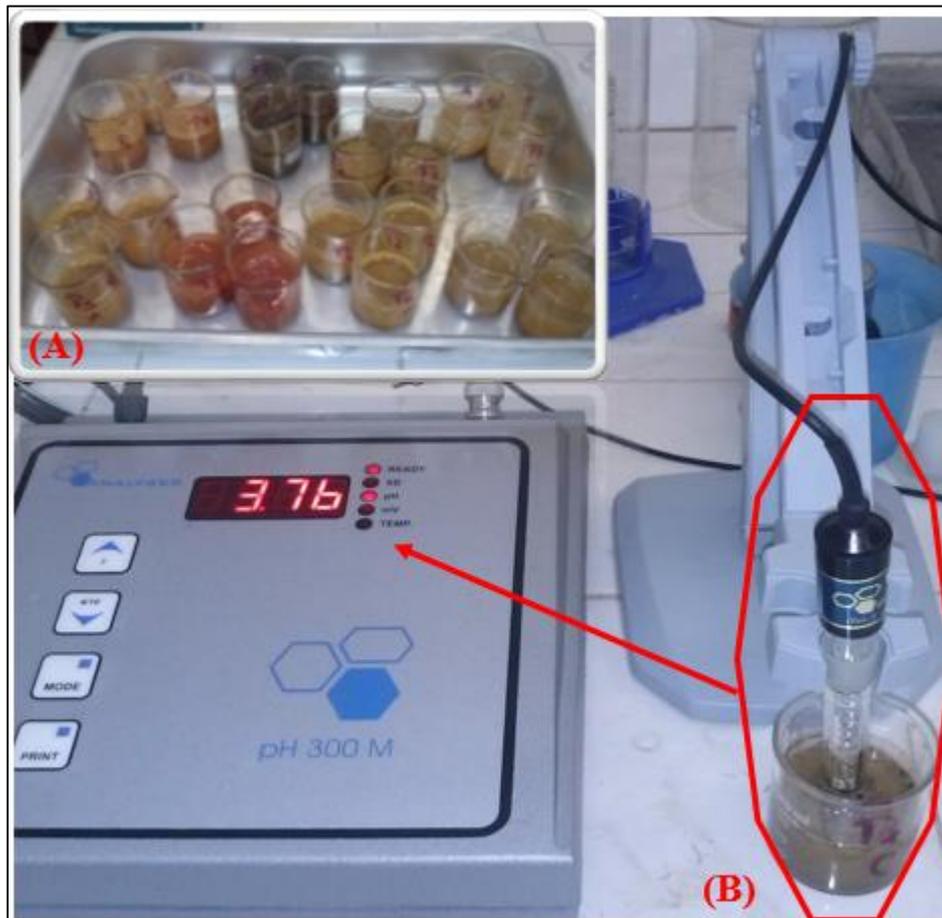


Figura 17. Determinação do pH das amostras. Amostras em repouso (A); eletrodo mergulhado na amostra e leitura do pH (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

Separou-se 10 ml de solo de cada amostra, posteriormente adicionou-se 25 ml de água. As amostras foram agitadas com um bastão de vidro e deixadas em repouso por uma hora.

Após uma hora em repouso cada amostra foi agitada novamente com o bastão de vidro e os eletrodos foram mergulhados nas amostras homogeneizadas para a realização da leitura do pH.

4.4.2.2 Teor de matéria orgânica e carbono orgânico no solo

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 passa-se em peneira de 80 *mesh* (0,177mm).

Após esse procedimento, pesa-se 0,5g do solo triturado e coloca-se em erlenmeyer de 250 ml. Adiciona-se 10 ml (pipetados) da solução de dicromato de potássio 0,4N. Incluir um branco com 10 ml da solução de dicromato de potássio e anotar o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto. Coloca-se um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura cheia de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador. Aquece-se em placa elétrica até a fervura branda, durante 5 minutos. Deixa-se esfriar e junta-se 80 ml de água destilada, medida com proveta, 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina. Titula-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1N até que a cor azul desapareça, cedendo lugar à verde (Figura 18) (EMBRAPA, 1997). Anota-se o número de mililitros gastos a fim de calcular o carbono orgânico e matéria orgânica em g/kg, onde:

$$\text{➤ } C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6$$

$$f = 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$$

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

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

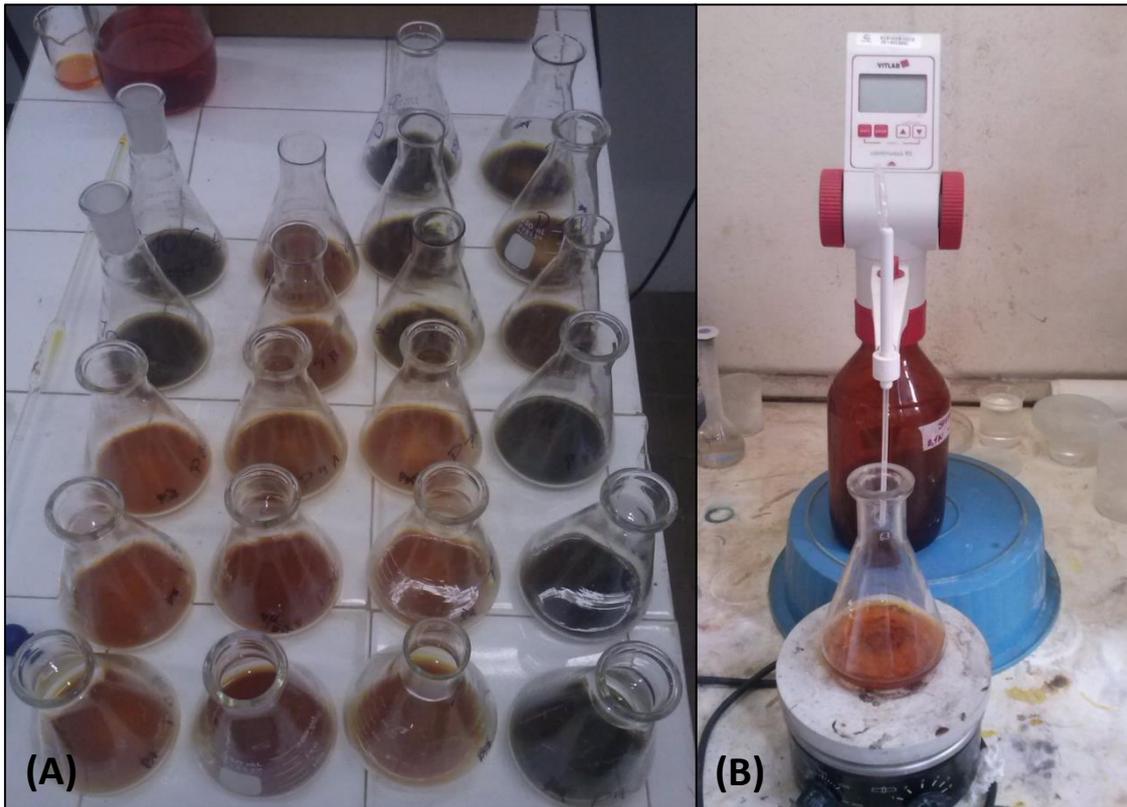


Figura 18. Análise da matéria orgânica. Amostras em repouso após aquecimento na placa elétrica (A); processo de titulação das amostras (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

Portanto, os procedimentos metodológicos apresentados acima foram a base para o desenvolvimento dos resultados que se seguem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Propriedades físicas do solo

Primeiramente, ressalta-se que os resultados apresentados a seguir dizem respeito às médias calculadas após cada análise, uma vez que a coleta de amostras foi realizada em triplicata. São discutidos os resultados dos taludes onde as amostras foram coletadas em sua parte intermediária (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) e os taludes onde as amostras foram coletadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade (P8 e P9), comparando-os com os resultados das áreas de floresta (P10 e P11), visando, assim, a obtenção de uma discussão mais coerente. São discutidos, ainda, os resultados obtidos após a realização de cada análise separadamente, com a apresentação de gráficos e tabelas referentes a cada propriedade física e química do solo. Contudo, as mesmas podem ser visualizadas conjuntamente no anexo da presente dissertação (Anexo - Tabela 10).

5.1.1 Densidade aparente e porosidade total

A densidade aparente do solo é uma importante propriedade física que sofre influência, principalmente, da textura e estrutura do solo, sendo difícil o estabelecimento de valores críticos para esta propriedade (REICHERT *et al.*, 2009; LIMA, 2013). Reinert e Reichert (2001) estabelecem valores críticos de densidade aparente de acordo com as classes texturais do solo. Solos de textura argilosa tendem a apresentar 1,3g/cm³ a 1,4g/cm³ de densidade aparente, em solos de textura franco-argilosa a densidade aparente varia de 1,4g/cm³ a 1,5g/cm³, já solos de textura franco-arenosa a densidade aparente pode variar de 1,7g/cm³ a 1,8g/cm³. Já Reynolds *et al.* (2007) estabelecem uma variação diferente de densidade aparente para solos argilosos, entre 0,9 e 1,2g/cm³, enquanto Libardi (2005) salienta que solos arenosos tendem a apresentar densidade aparente superior aos solos argilosos, e os solos siltosos apresentam densidade aparente intermediária. Kiehl (1979), por fim, ressalta que solos de frações minerais e manejo inadequado apresentam densidade aparente entre 1,1 e 1,6g/cm³ e solos de floresta tendem a variar entre 0,6 e 0,8g/cm³.

Desta forma, no que diz respeito aos resultados de densidade aparente entre os pontos P1 a P7, onde ressalta-se que as amostras foram coletadas na parte intermediária dos taludes, as médias variaram entre 1,3 g/cm³, 1,4g/cm³, 1,3g/cm³, 1,5g/cm³, 1,6g/cm³, 1,3g/cm³ e 1,4 g/cm³, respectivamente, refletindo a influência da característica textural dos solos analisados,

com a predominância de frações minerais, além do peso exercido pelas camadas superiores do solo. Enquanto que a porosidade total variou entre 49,9%, 48,1%, 50,6%, 45,4%, 40,1%, 51,5% e 47,1%, respectivamente, de acordo com o comportamento de solos arenosos, onde a porosidade total tende a variar entre 35% e 50%, enquanto que em solos argilosos a porosidade total tende a variar entre 40% e 65% (PREVEDELLO, 1996) (Figura 19).

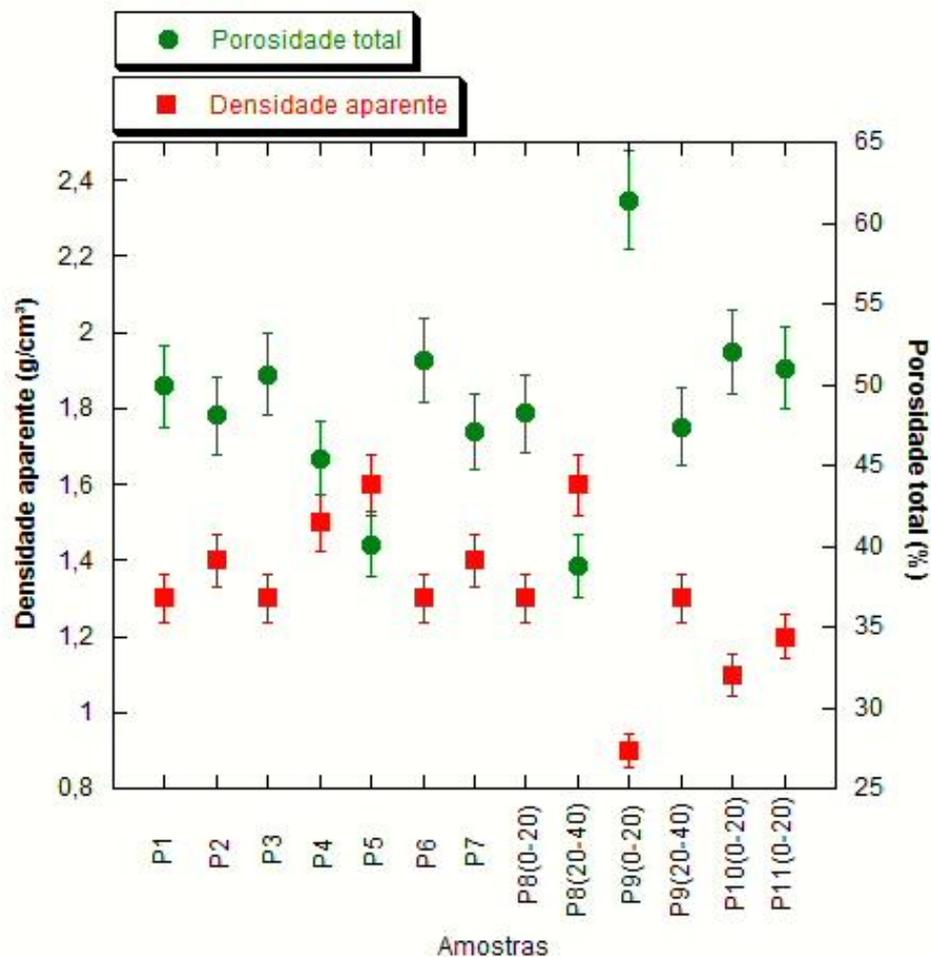


Figura 19. Médias e desvio padrão de densidade aparente e porosidade total de P1 a P11.

Em relação ao ponto P8, observa-se que a densidade aparente foi mais elevada de 20-40 cm de profundidade ($1,6\text{g/cm}^3$), enquanto que de 0-20 cm a densidade aparente foi de $1,3\text{g/cm}^3$. Como são inversamente proporcionais, a porosidade total foi mais elevada de 0-20 cm (48,2%) do que de 20-40 cm (38,8%). Por sua vez, P9 apresentou comportamento semelhante, de 0-20 cm de profundidade apresentou $0,9\text{g/cm}^3$ de densidade aparente e 61,4% de porosidade total, enquanto que de 20-40 cm apresentou $1,3\text{g/cm}^3$ de densidade aparente e 47,4% de porosidade total.

Pode-se constatar, então, a tendência verificada por Brady (1989), Kiehl (1979), Fontana *et al.* (2010) e Vezzani & Mielniczuk (2011) onde a densidade aparente tende a

aumentar de acordo com a profundidade do solo, em virtude da redução dos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, da agregação, bem como do peso exercido pelas camadas superiores do solo. Cabe ressaltar que na profundidade de 20-40 cm P8 e P9 apresentaram diminuição nos teores de matéria orgânica, o que pode ter ocasionado o aumento da densidade aparente e diminuição da porosidade total nesta profundidade, pois a matéria orgânica é considerada um importante constituinte do solo que permite maior agregação e coesão entre as partículas, tornando o solo mais poroso e menos denso (SANTOS & PEREIRA, 2013).

As áreas de floresta (P10 e P11), por sua vez, apresentaram densidade aparente de 1,1g/cm³ e 1,2g/cm³ respectivamente. Enquanto que a porosidade total foi de 52% e 51%, respectivamente, refletindo a boa estrutura do solo. Pois como resalta Grohmann (1975), a porosidade total tende a variar entre 40% e 60%, contudo deve-se levar em consideração outros parâmetros como textura e uso e manejo do solo. Brady (1989) e Camargo & Alleoni (1997) também ressaltam que um solo entendido como “ideal” deve apresentar porosidade total por volta de 50%. Contudo, Santos *et al.* (2014) destacam a importância da matéria orgânica para a boa estrutura do solo.

Por fim, torna-se importante salientar que o desvio padrão se manteve alto, sobretudo em relação à porosidade total, em ambos os gráficos, demonstrando que os dados utilizados na média apresentam uma gama de valores.

5.1.2 Textura

A distribuição granulométrica das partículas que constituem o solo possui grande influência em importantes propriedades, como a porosidade total, densidade aparente, condutividade hidráulica e resistência mecânica, além de oferecer maior ou menor resistência a degradação por erosão (AZEVEDO & DALMOLIM, 2004; PEJON *et al.*, 2013). Nesta perspectiva, os resultados da análise granulométrica das amostras coletadas demonstram que os solos dos taludes apresentam taxas um pouco mais elevadas da fração areia, onde a classificação textural do solo variou entre franco arenoso, franco areno-argiloso, argiloso e franco (Figura 20).

De acordo com Brady (1989), ocorrem certos limites das frações entre as classes de solo. Logo, para ser classificado como arenoso, o solo necessita conter no mínimo 70% de areia e 15% ou menos de argila. Solos que contém no mínimo 35% da fração argila, pode ser classificado como argiloso, argilo-arenoso e argilo-siltoso. Os solos que apresentam teores de areia e argila com proporções mais ou menos equilibradas, ou seja, entre 30% e 40% de argila

e areia são classificados como francos. Portanto, levando tal raciocínio como base, percebe-se que os resultados demonstram a existência de várias classes texturais. Mas, de modo geral, pode-se dizer que os solos analisados apresentaram teores de areia e argila de proporções ligeiramente equilibradas, característicos dos solos de natureza franco.

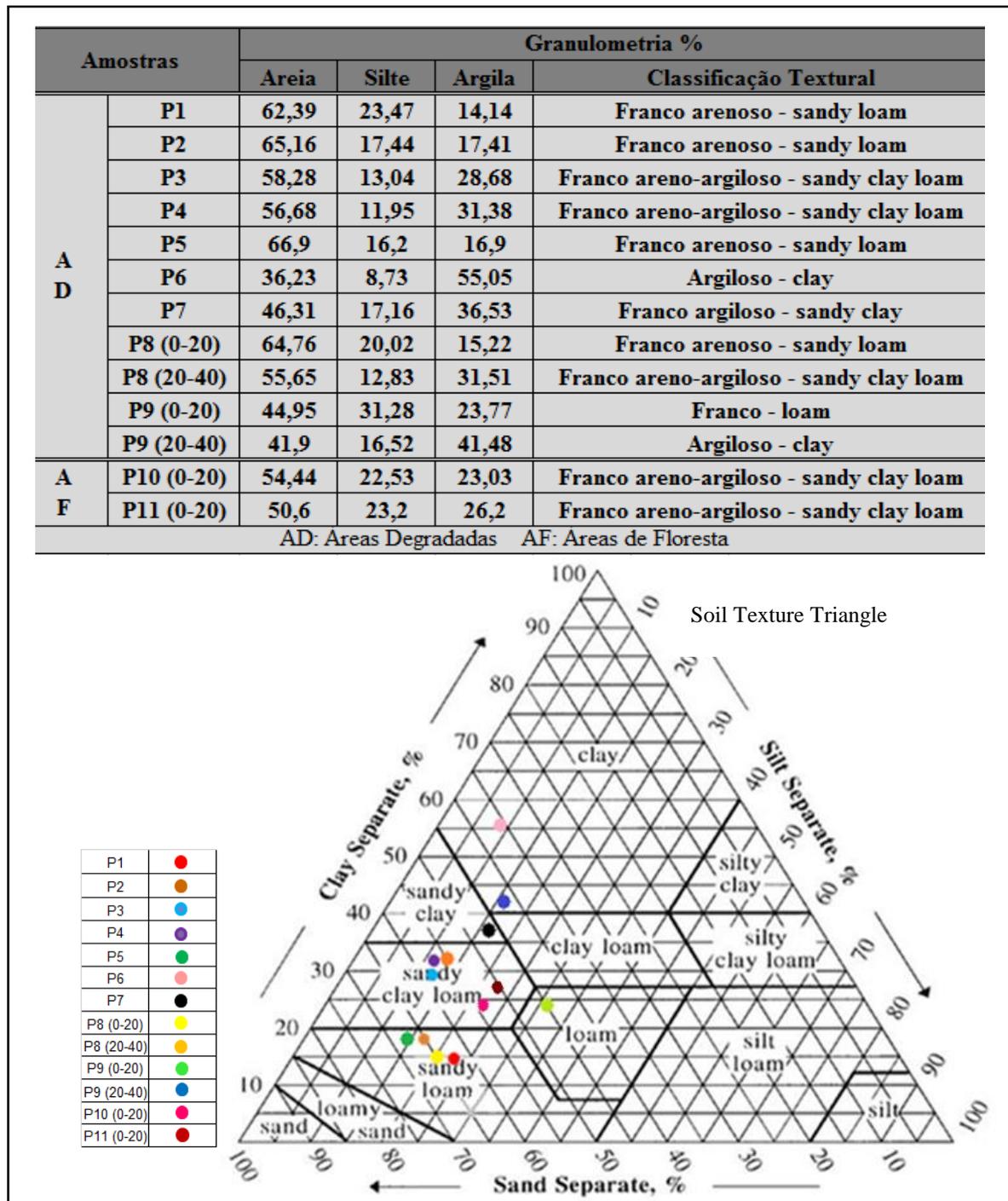


Figura 20. Predominância das frações granulométricas e classificação textural.

Os pontos P6 e P9 diferenciaram-se dos demais apresentando taxas mais elevada da fração argila (55,05% e 41,48%, respectivamente), constituindo um solo com textura argilosa (Figura 20).

Estes solos de característica argilosa tendem a possuir baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água, tendo em vista a força de coesão entre as partículas constituintes, são altamente susceptíveis à compactação, porém são mais resistentes à ação dos processos erosivos. Na acepção de Belinazzi *et al.* (1991), a fração argila:

“É a que possui maior superfície específica de contato entre as partículas de solo, apresenta ainda cargas elétricas negativas responsáveis em sua grande maioria pela Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Favorecendo com isto a sua ligação com cátions positivos, favorecendo ainda uma maior agregação deste solo, bem como uma maior quantidade quanto ao valor de saturação por bases” (BELINAZZI *et al.*, 1991).

Verificou-se também que predominou a areia grossa (2,0 a 0,2 mm) na fração areia, onde a média de todas as amostras apresentou níveis de areia grossa em torno de 43,25% (Tabela 6).

Tabela 6. Relação das médias de areia grossa e fina nas amostras analisadas.

AMOSTRAS		GRANULOMETRIA %	
		AREIA GROSSA	AREIA FINA
	P1	45,86	16,42
	P2	49,13	15,81
	P3	45,97	12,10
	P4	43,47	13,04
	P5	53,52	13,21
A	P6	29,44	6,66
D	P7	38,72	7,50
	P8 (0-20)	52,16	12,40
	P8 (20-40)	45,98	9,55
	P9 (0-20)	37,02	7,84
	P9 (20-40)	33,24	8,60
A	P10 (0-20)	45,34	8,97
F	P11 (0-20)	42,36	8,20

AD: Áreas Degradadas AF: Áreas de Floresta

Cabe ressaltar que, embora a fração areia tenda a ser menos susceptível ao arraste, de acordo com o seu tamanho de grão, ela não possui as propriedades da fração argila que

promovem a agregação das partículas do solo (maior força de coesão), desse modo, as partículas soltas podem ficar mais suscetíveis ao arraste (SANDALOWSKI, 2013).

No que diz respeito ao transporte de partículas, dentre as frações que aumenta a chance deste processo ocorrer está o silte, este apresentou pouca expressão nas amostras, com bastante variação nos valores obtidos (Figura 20).

Nos pontos de coleta P8 e P9, onde foi possível realizar a coleta tanto na parte mais superficial (0-20 cm) quanto em profundidade pouco maior nos taludes (20-40 cm), os resultados demonstram também a presença mais elevada da fração areia de 0-20 cm de profundidade, enquanto que de 20-40 cm ocorre um aumento da fração argila. Observa-se, assim, o aumento da concentração de argila com a profundidade, uma vez que as partículas menores tendem a ser transportadas do topo do solo pela ação da água.

As áreas de floresta, P10 e P11, apresentaram característica semelhante, com porcentagens mais elevadas da fração areia (54,44% e 50,6%, respectivamente), conferindo ao solo classificação textural franco areno-argiloso.

Na acepção de Rossi (1999), os solos do litoral do estado de São Paulo são bastante diversificados, sendo que nas escarpas e planaltos ocorre a predominância de cambissolos, de textura argilosa e areno-argilosa, ou seja, os solos tendem a apresentar textura média (argila entre 17 e 31%). No sopé das encostas forma-se comumente taludes de detritos, a partir de materiais heterogêneos, como grandes blocos rochosos. Tais taludes são formados pelo escoamento pluvial em episódios de enxurradas e por processos de movimentos de massa que ocorrem ao longo da evolução temporal das escarpas. Portanto, em áreas situadas no sopé da Serra do Mar, originam-se os colúvios, formados por material erodido das vertentes da Serra do Mar, contribuindo para a formação de solos mais profundos. Santos (2004) finaliza ressaltando que os colúvios na Serra do Mar são originados a partir de rastejo, escorregamentos ou erosão, e podem ser encontrados nas áreas mais baixas da vertente.

Torna-se importante salientar que a textura é uma propriedade física capaz de proporcionar ao solo maior susceptibilidade à erosão, onde as frações silte e areia, sobretudo, tendem a ser mais suscetíveis à erosão, visto que não possuem alta capacidade de agregação, o inverso com a argila, que é a fração de maior agregação quando combinada com matéria orgânica responsável por conferir maior resistência e estabilidade aos agregados que constituem o solo (MORGAN, 2005; SANTOS *et al.*, 2014). Contudo, a retirada da cobertura vegetal conjugada a instabilidade causada pela extração de material de empréstimo, em áreas de grandes declividade e pluviosidade intensa, já tornam esses taludes sujeitos à ação dos processos erosivos e movimentos de massa.

Segundo Suzuki *et al.* (2008) e Klein & Klein (2015), a granulometria é uma característica que menos se altera com o passar do tempo, visto que é inerente aos fatores de formação do solo, especialmente o material de origem. Nesta perspectiva, entende-se que a predominância das frações granulométricas encontradas nos taludes analisados, está relacionada ao material de origem que compõe grande parte de tais taludes, o saibro. Material incoerente, pouco intemperizado, que conserva vestígios da estrutura original, apresenta comumente textura mais arenosa, como encontrado na maioria das referidas análises. No estágio final da decomposição, pode-se encontrar uma textura mais argilosa, tendo em vista a atuação do processo de intemperismo (IPT, 2003).

5.1.3 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados é uma propriedade muito importante para a conservação dos solos, fornece proteção à matéria orgânica e resistência à erosão (MATAIX-SOLERA *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2014). Nesta perspectiva, deve-se atentar para a necessidade de medidas de conservação dos solos analisados, à medida que, em sua maioria, apresentaram baixos valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) de P1 a P7, onde as amostras foram coletadas na parte intermediária dos taludes (Tabela 7).

Esses valores baixos refletem o baixo teor de matéria orgânica encontrado nesses taludes, além das suas características texturais, com maiores porcentagens da fração areia, que influenciam na não formação de agregados maiores, dificultando a proteção física da matéria orgânica. Já solos com maiores porcentagens de argila favorecem a agregação, pois a presença da argila contribui para aumentar a aproximação das partículas do solo (FONTANA *et al.*, 2010; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011; SANTOS *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2014). Suzuki *et al.* (2014) evidenciam em seu estudo que a textura e matéria orgânica apresentam grande correlação com o DMP, onde o aumento do teor de cascalho foi responsável pela redução do DMP, pois, por ser uma fração de baixa reatividade e de grande diâmetro, sua presença tende a dificultar a formação de agregados estáveis em água.

Tabela 7. Resultado da análise de estabilidade de agregados de P1 a P11.

ESTABILIDADE DE AGREGADOS					
AMOSTRAS	DMP (mm)	DMG (mm)	IEA (%)	Agregados > 2 mm (%)	
	P1	2,28	1,64	84,28	68,86
	P2	1,02	0,45	45,08	23,02
	P3	2,34	1,95	92,24	67,07
	P4	1,01	0,54	53,15	17,48
A	P5	1,50	0,90	68,74	33,70
D	P6	0,87	0,54	49,63	11,83
	P7	0,81	0,42	45,67	10,49
	P8(0-20)	2,55	2,18	93,70	77,90
	P8(20-40)	1,30	0,80	66,13	25,28
	P9(0-20)	2,81	2,60	96,92	91,05
	P9(20-40)	1,01	0,59	53,49	15,27
A	P10(0-20)	2,90	2,77	98,20	95,41
F	P11(0-20)	2,53	2,00	90,30	79,00

AD: Áreas Degradadas AF: Áreas de Floresta

Foram verificados, portanto, valores muito baixos de agregados maiores que 2mm, principalmente em P2 (23,02%), P4 (17,48%), P6 (11,83%) e P7 (10,49%), além de menores valores de IEA (45,08%, 53,15%, 49,63% e 45,67% respectivamente), o qual representa a agregação total do solo e quanto mais próximo de 100%, maior será a estabilidade dos agregados em água (SILVA & MIELNICZUK,1997). Logo, tais taludes apresentam valores de IEA bem distantes do valor referência, evidenciando, assim, que os agregados nesses taludes estão susceptíveis à desagregação pela ação da água, tendo em vista a falta de matéria orgânica, responsável por conferir maior agregação ao solo, devido sua ação cimentante. Ressalta-se, ainda, que grande parte das partículas que ficaram retidas na peneira de 2mm das amostras representativas das áreas degradadas era formada por minerais de quartzo, onde o agregado, ao ser submetido às oscilações verticais em água, se desfez, deixando apenas os minerais de quartzo na peneira.

Os valores de DMP e DMG mais elevados nos pontos P8 e P9 refletem a importância da vegetação para o bom funcionamento dos solos, onde a matéria orgânica funciona como elemento indispensável para a formação de agregados. Pois pode-se perceber também, sobretudo de 0-20 cm de profundidade, valores mais elevados de agregados maiores do que 2mm tanto em P8 (77,90%) quanto em P9 (91,05%), em comparação com as demais áreas degradadas. Lima *et al.* (2003) também verificou redução do DMP em profundidade, relacionando este fato às reduções nos teores de matéria orgânica. A mesma situação pôde ser observada por Suzuki *et al.* (2014) ao realizarem estudo de impacto sob Argissolo Vermelho

submetido a diferentes usos. Castro Filho *et al.* (1998), por sua vez, ressaltam que a presença de agregados grandes tende a conferir ao solo resistência à erosão, uma vez que os espaços porosos entre os agregados tendem a ser maiores, aumentando a infiltração da água da chuva e, conseqüentemente, diminuindo a erosão do solo.

Desta forma, como esperado, os resultados de estabilidade de agregados, DMP, DMG, IEA, foram melhores nas áreas de floresta P10 e P11. Essas áreas apresentaram ainda valores elevados de agregados maiores que 2mm, P10 apresentou 95,41% e P11 apresentou 79,00%, e o IEA foi de 98,20% em P10 e 90,30% em P11, demonstrando a maior estabilidade de agregados em água nas áreas de floresta, o que, por consequência, confere ao solo maior resistência à erosão, pois como ressaltam Guerra & Cunha (1996), *“a estabilidade dos agregados tem papel importante na erodibilidade dos solos. A infiltração ocorre mais rapidamente se o solo possuir agregados grandes e estáveis, reduzindo, dessa forma, as taxas de runoff”*. Castro Filho *et al.* (1998), Brady & Weil (2008) e Torres *et al.* (2015) salientam que o IEA depende de uma série de fatores, como teor de matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, além da presença de raízes de plantas, à medida que a ação mecânica das raízes contribui para o agrupamento dos microagregados, formando macroagregados, de modo a favorecer a manutenção da estabilidade de agregados.

Tisdall & Oades (1982) e Silva *et al.* (2014) salientam que os agregados podem ser classificados como microagregados (< 0,250mm) e macroagregados (> 0,250mm), sendo a sua análise de importância fundamental, pois também refletem a qualidade do solo. Desta forma, os resultados apresentados através da análise de estabilidade de agregados em água demonstram a degradação mais intensa nos taludes P2, P6 e P7, onde a porcentagem de microagregados foi mais elevada (54,92%, 50,36% e 54,29%, respectivamente) do que a porcentagem de macroagregados (45,07%, 49,64% e 45,71%, respectivamente) (Figura 21).

A desagregação das partículas de solo e formação de microagregados evidenciam a quebra de acordo com o rápido umedecimento do solo, comprometendo a capacidade de agregação total do solo, corroborando para a ocorrência dos processos erosivos. Os agregados não estáveis, quando na superfície, sob o impacto das gotas de chuva, tendem a desaparecer e dispersar-se ou podem ser lixiviados se acumulando em horizontes inferiores. Já os agregados estáveis em água melhoram a porosidade do solo, e conseqüentemente, aumentam a infiltração e resistência à erosão (ASSIS & BAHIA, 1998; PEREIRA & THOMAZ, 2014).

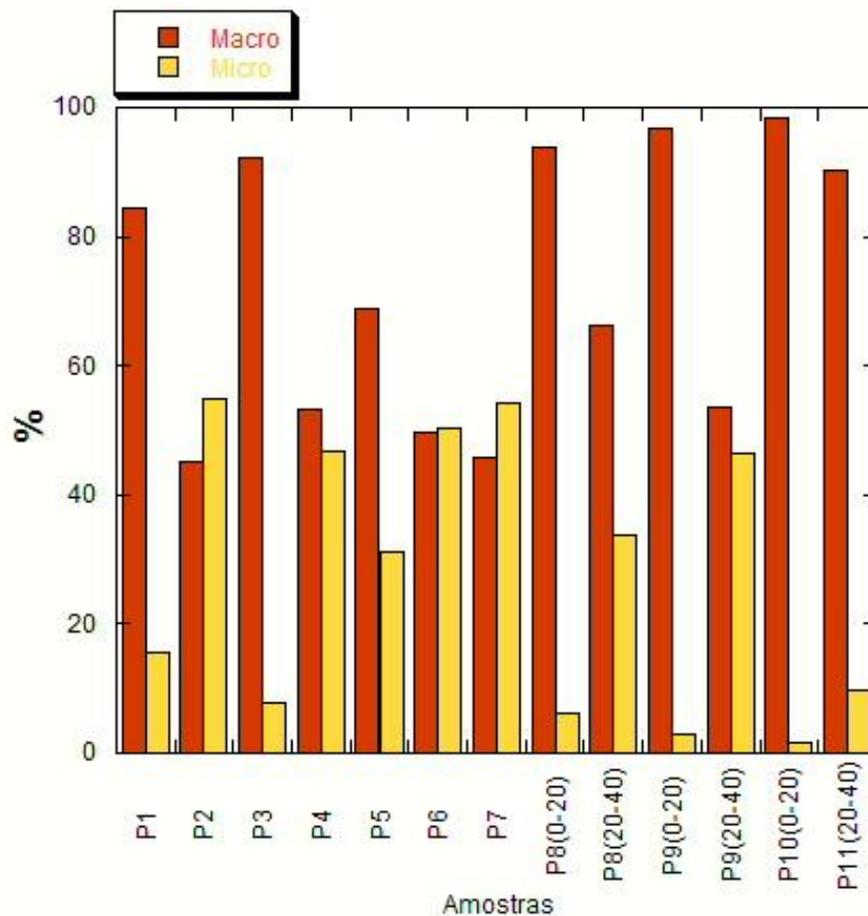


Figura 21. Relação entre macro e microagregados em áreas degradadas e áreas de floresta.

Os taludes P8 e P9, apesar de serem áreas degradadas pela atividade mineradora, apresentaram porcentagens elevadas de macroagregados na profundidade de 0-20 cm (P8 apresentou 93,71% e P9 apresentou 96,93%), em comparação com a profundidade de 20-40 cm (P8 obteve 66,11% e P9 obteve 53,49% de macroagregados). Tal fato tende a estar relacionado a presença na vegetação, conferindo ao solo maior porcentagem de matéria orgânica superficialmente. Por conseguinte, as áreas de floresta P10 e P11 apresentaram valores elevados de macroagregados (P10 obteve 98,23% e P11 obteve 90,28%), demonstrando que a matéria orgânica apresenta boa correlação com os índices de estabilidade de agregados.

Conclui-se, portanto, que os parâmetros de avaliação de estabilidade de agregados obtiveram correlação significativa com os teores de matéria orgânica (os quais podem ser observados na tabela 8). Na acepção de Fontana *et al.* (2010), o DMP possui correção significativa e positiva com a matéria orgânica, independentemente dos solos e da profundidade. Já Portugal *et al.* (2010) e Marchini *et al.* (2015) ressaltam a importância das

substâncias húmicas na agregação do solo. Pode-se constatar, então, que os solos analisados apresentam baixa capacidade de proteção da matéria orgânica, onde a formação de agregados estáveis tende a ser prejudicada pela existência de minerais de tamanho areia, o que confere ao sistema solo maior susceptibilidade à degradação, pois a predominância da areia tende a promover uma fragilidade natural na formação e estabilização de agregados (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011; CARVALHO *et al.*, 2014).

5.2 Propriedades químicas do solo

5.2.1 pH

Em relação aos dados de pH, os resultados apresentados nos pontos analisados, P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 (4,3; 5,1; 4,3; 4,6; 4,7; 4,2; 5,1 respectivamente) foram semelhantes. Nas áreas degradadas, P8 e P9, em ambas profundidades, os resultados também foram bem similares, P8 de 0-5 cm apresentou média de 3,6 e de 10-20 cm apresentou média de 3,7, enquanto P9 de 0-5 cm apresentou média de 3,5 e de 10-20 cm apresentou média de 4,0. Comportamento também verificado nas áreas de floresta P10 e P11, as quais apresentaram pH de 4,2 e 5, respectivamente (Figura 22).

Resultados que demonstram a existência de solos ácidos, podendo estar relacionado aos elevados índices pluviométricos da região, fazendo com que as bases (Ca e Mg, por exemplo) presentes no solo sejam lixiviadas, deixando íons H^+ em seu lugar. Jorge (2014) ao analisar o pH de amostras coletadas em uma trincheira em área de planície no município de Ubatuba, também constatou a presença de solos ácidos na região, com pH variando entre 4,02 e 4,71. Resultados semelhantes também foram observados por Pereira (2015), o qual encontrou pH de 4,9 em ambientes degradados na bacia hidrográfica do rio Maranduba, enfatizando, assim, a predominância de solos ácidos na região. Rossi (1999), por sua vez, salienta que o pH dificilmente ultrapassa o valor de 5,0, tendo em vista os elevados teores de carbono orgânico, o que eleva os valores de alumínio trocável e propicia alta saturação por alumínio.

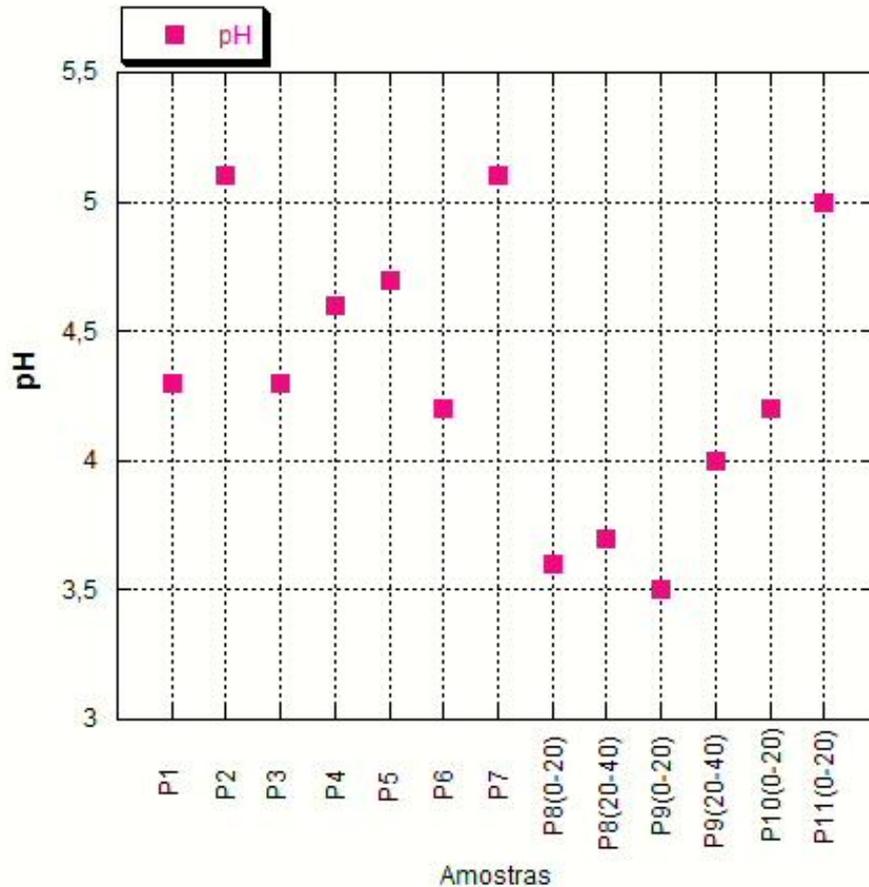


Figura 22. Médias dos resultados de pH de P1 a P11.

5.2.2 Matéria orgânica e carbono orgânico

A matéria orgânica é indicada como propriedade química ideal para avaliar a qualidade do solo, visto que atua em processos que melhoram suas funções, como atividade biológica, estabilização de agregados, infiltração e retenção de água, estoque e ciclagem de nutrientes, entre outros. Por isso, a matéria orgânica tende a atuar na redução da vulnerabilidade do solo à erosão, diminuindo a densidade e a resistência do solo à penetração (MOSADDEGHI *et al.*, 2009; WINCK *et al.*, 2014).

Desta forma, os resultados referentes às porcentagens de matéria orgânica presente nos solos dos taludes P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 foram baixas, variando entre 2,99%, 0,34%, 1,41%, 0,53%, 0,65%, 1,16%, 0,65%, respectivamente (Tabela 8). Resultados esperados, tendo em vista que a coleta de amostras foi realizada na parte intermediária desses taludes, onde a presença da matéria orgânica tende a ser naturalmente menor do que na parte mais superficial, pois como chamam a atenção Zinn *et al.* (2007; 2011), a variação na quantidade de matéria orgânica do solo é dependente de uma série de fatores, como os resíduos acumulados na superfície, clima, textura e profundidade do solo.

Tabela 8. Relação das médias e desvio padrão da análise de matéria orgânica.

AMOSTRAS		MATÉRIA ORGÂNICA %	DESVIO PADRÃO
	P1	2,99	0,3
	P2	0,34	0
	P3	1,41	0,2
	P4	0,53	0,1
A	P5	0,65	0,6
	P6	1,16	0,1
D	P7	0,65	0
	P8 (0-20)	4,97	0,5
	P8 (20-40)	2,34	0,3
	P9 (0-20)	7,64	0,2
	P9 (20-40)	2,08	0,4
A	P10 (0-20)	11,03	0,3
F	P11 (0-20)	9,62	0,2

AD: Áreas Degradadas AF: Áreas de Floresta

Logo, analisando os resultados nos taludes P8 e P9, observou-se maior presença da matéria orgânica de 0-20 cm de profundidade em ambos os pontos (4,97% e 7,64%, respectivamente), enquanto que de 20-40 cm a quantidade de matéria orgânica diminuiu também em ambos os pontos (2,34% e 2,08%, respectivamente) (Tabela 8). Tal fato tende a estar relacionado a presença da vegetação na parte superficial do solo, conferindo maiores taxas de matéria orgânica nesta profundidade, pois os vegetais são os principais responsáveis pela adição ao solo de compostos orgânicos primários (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011; CARVALHO, 2015). Ressalta-se que os taludes P8 e P9, diferentemente dos demais, começaram a ser explorados recentemente, por isso ainda houve grande influência da vegetação no solo, o que permitiu que os resultados das porcentagens de matéria orgânica fossem mais elevados. Porém, a tendência é que os solos de tais taludes percam cada vez mais matéria orgânica, a partir do avanço da mineração ilegal.

As áreas de floresta (P10 e P11) apresentaram porcentagens mais elevadas de matéria orgânica (11,03% e 9,29%, respectivamente), como esperado, tendo em vista a conservação da vegetação superficial. Por conseguinte, deve-se atentar para a necessidade de conservação da cobertura vegetal, sobretudo na presente área de estudo, uma vez que os solos aqui analisados apresentam porcentagens pouco mais elevada da fração areia, e é sabido que os solos arenosos, em geral, apresentam comumente menor teor de matéria orgânica do que solos argilosos. A matéria orgânica ainda é considerada altamente sensível às alterações no uso e

manejo, podendo ser perdida rapidamente (PAES *et al.*, 1996; MIELNICZUK, 2008; WINCK *et al.*, 2014).

Tal fato, contudo, chama a atenção para a necessidade de conservar ao máximo as propriedades do solo de taludes, pois a intervenção antrópica, especialmente a mineração, tende a causar grandes modificações nessas propriedades a partir da intensificação da exploração e posterior abandono dos taludes, sem a adoção de medidas de recuperação, como observado na área de estudo.

Considerando que os teores de carbono orgânico estão diretamente relacionados com os teores de matéria orgânica, verifica-se que os taludes P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 apresentaram baixos percentuais de carbono orgânico (1,74, 0,19, 0,82, 0,31, 0,38, 0,68 e 0,38, respectivamente). Enquanto que nos taludes P8 e P9 os percentuais foram mais elevados, P8 de 0-20 cm apresentou 2,88% e P9 apresentou 4,43, na mesma profundidade. Em 20-40 cm de profundidade, P8 apresentou 1,36% e P9 apresentou 1,21% de carbono orgânico. Já as áreas de floresta, por sua vez, obtiveram porcentagens de carbono orgânico mais elevadas, P10 apresentou 6,4% e P11 apresentou 5,58% (Tabela 9).

Tabela 9. Relação das médias e desvio padrão da análise de carbono orgânico.

	AMOSTRAS	CARBONO ORGÂNICO %	DESVIO PADRÃO
	P1	1,74	0,2
	P2	0,19	0
	P3	0,82	0,1
	P4	0,31	0,04
	P5	0,38	0,3
A	P6	0,68	0,04
D	P7	0,38	0,01
	P8 (0-20)	2,88	0,3
	P8 (20-40)	1,36	0,1
	P9 (0-20)	4,43	0,1
	P9 (20-40)	1,21	0,3
A	P10 (0-20)	6,4	0,1
F	P11 (0-20)	5,58	0,1

AD: Áreas Degradadas AF: Áreas de Floresta

Entendendo que o desvio padrão é uma importante medida da dispersão estatística, que demonstra a variação existente em relação à média encontrada, pode-se observar que o mesmo se manteve baixo, tanto para os resultados da média de matéria orgânica, quanto para

os resultados da média de carbono orgânico. Conclui-se, então, que os dados apresentados tendem a estar próximos da média.

Portanto, salienta-se a importância da presença da matéria orgânica para a estabilidade dos agregados do solo e, conseqüentemente, para a estabilidade dos taludes, pois como ressaltam Fullen e Catt (2004) e Morgan (2005) valores inferiores a 3,5% de matéria orgânica podem proporcionar instabilidade e maior suscetibilidade dos solos à erosão. Krzic *et al.* (2004), investigando o efeito da matéria orgânica em relação à densidade aparente do solo, comprovaram que o incremento de apenas 1% no teor de carbono orgânico reduz a densidade aparente do solo em 11%, independentemente da textura do solo. Santos *et al.* (2014), por sua vez, confirma a importância do aumento no teor de matéria orgânica para o bom funcionamento do sistema solo.

Ressalta-se, assim, a necessidade de preservação da cobertura vegetal, de modo a conferir ao solo maiores teores de matéria orgânica, além da proteção contra a ação das gotas de chuva, as quais podem resultar na aceleração da erosão dos taludes, uma vez que a retirada da cobertura vegetal da encosta tende a ser a primeira iniciativa para a exploração mineral, o que acarreta em uma série de impactos ao sistema solo.

5.3 Contexto ambiental e distribuição das áreas analisadas

A área de estudo, assim como todo o município de Ubatuba, é caracterizada por possuir vocação essencialmente turística, baseada na paisagem estonteante formada pelas praias e vertentes cobertas pelos remanescentes florestais de Mata Atlântica, que necessitam ser conservados para as gerações vindouras (BUZATO, 2012, JORGE, 2014; PEREIRA, 2015). Porém, através da realização de trabalhos de campo, observou-se que a paisagem da área de estudo é marcada por intensas perturbações antrópicas. Logo, os principais fatores que estão ocasionando a degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Maranduba estão vinculados aos loteamentos irregulares e a exploração mineral clandestina.

A partir do crescimento da atividade turística e da especulação imobiliária, além da inexistência de infraestrutura adequada que garanta qualidade de vida para toda a população, as famílias de baixo poder aquisitivo passaram a ocupar áreas inadequadas, como as encostas íngremes localizadas na borda do Parque Estadual da Serra do Mar. Porém, como destacam Rocha (2011) Júnior *et al.* (2013) e Jorge (2014), habitações irregulares de luxo também ocupam áreas inadequadas, como sopés dos morros. Mas, nessas áreas existem redes de

esgoto e de águas pluviais, demonstrando a segregação sócioespacial, gerando uma série de impactos ambientais resultantes dessa ocupação desordenada das encostas, como a perda de área de floresta e aceleração dos processos erosivos.

Desta forma, a ocupação da presente bacia torna-se um processo bastante complexo, tendo em vista suas características naturais alicerçadas nos índices pluviométricos elevados e no forte relevo formado pela Serra do Mar, onde as rochas tendem a sofrer com o processo de intemperismo mais intenso. Assim, verificou-se que os eventos de rolamentos de blocos rochosos são muito comuns na área de estudo, depositando-se em declividades mais suaves, entulhando fundos de vales dos corpos d'água. (Figura 23).



Figura 23. Habitação localizada no sopé de encosta (A); Sítio Santa Cruz, “Pousada das Cachoeiras”, nota-se, em vermelho, a presença de vários blocos rochosos arredondados que se depositaram em áreas de declividades mais suaves, por ação gravitacional (B). Fotos: Aline M. Rodrigues (2014).

Portanto, apesar da população residir principalmente na planície costeira, constatou-se que as encostas íngremes da Serra do Mar também são ocupadas, sobretudo pela população de baixa renda, apesar dessas áreas apresentarem elevado risco de ocupação.

A exploração mineral que acontece de forma clandestina na área de estudo, por sua vez, tende a ser a atividade que exerce o maior impacto visual e ambiental, espalhando-se por grande parte das encostas localizadas na bacia do rio Maranduba. O saibro é o principal material de empréstimo explorado, ao todo foram contabilizados mais de 10 locais de exploração mineral clandestina. Esta atividade ocasiona grande transformação da paisagem, através do intenso desmatamento e escavação, causando instabilidades das encostas, intensificando a ocorrência de deslizamentos de queda de blocos.

A geometria original da encosta sofre intenso processo de alteração por meio da extração de saibro, formando taludes irregulares, íngremes, cavidades, buracos, entre outras modificações. Este fato também foi verificado por Ferreira *et al.* (2008) e é demonstrado nas fotos a seguir (Figura 24). Com o início do processo de escavação da encosta para a retirada de material de empréstimo, ocorre a eliminação da cobertura vegetal, expondo o solo e saprolito aos agentes modeladores do relevo.

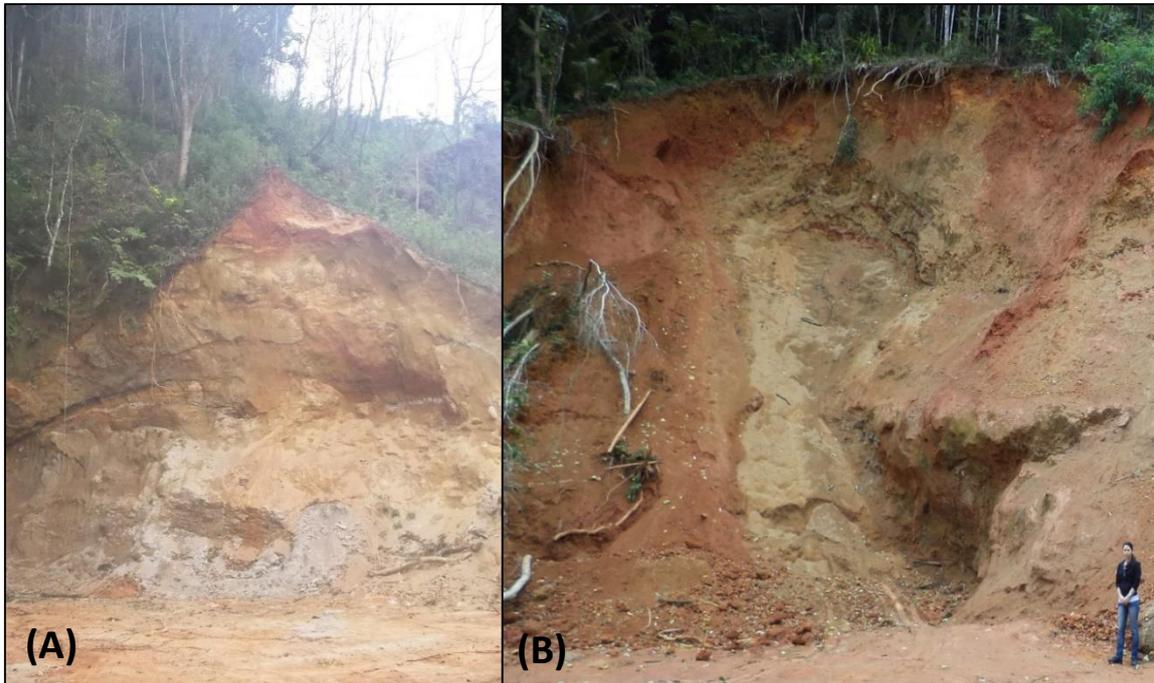


Figura 24. Talude degradado pela exploração mineral ilegal, em novembro de 2014 (A); mesmo talude em agosto de 2015 (B), nota-se o ganho de altura decorrente do processo de escavação, o que tende a aumentar o risco de instabilidade. Fotos: Aline M. Rodrigues.

Constatou-se, assim, que a ação fiscalizadora do Poder Público é ineficiente, a exploração mineral acontece de forma intensa, uma vez que não necessita de tecnologias

sofisticadas. Nos taludes visitados foi possível perceber a presença de marcas deixadas pela utilização de retroescavadeira para a retirada de material, demonstrando que a exploração acontece cotidianamente, sem qualquer preocupação com a finalização correta da lavra, potencializando a ocorrência de impacto ambiental. Pois, nestes taludes explorados, em grande parte, há a presença de blocos rochosos que ficam susceptíveis à quedas e rolamentos (Figura 25).

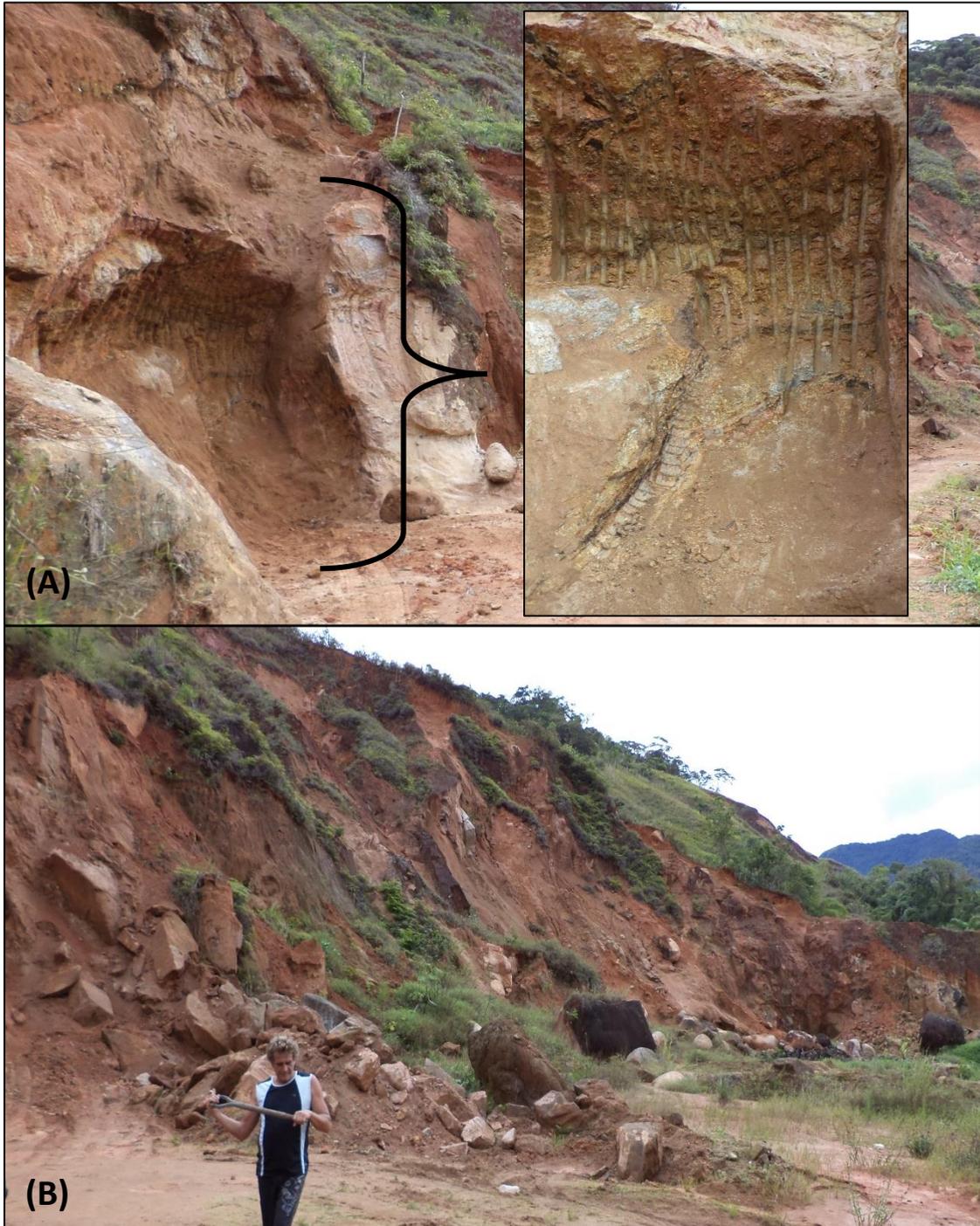


Figura 25. Marcas da utilização de retroescavadeira (A); talude instável com quedas e rolamentos de blocos rochosos (B). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).

Nas encostas da área de estudo, portanto, foi possível constatar os impactos proporcionados pela intervenção antrópica, que ocasiona mudanças no uso e ocupação do solo, tanto em encostas impactadas pela atividade mineradora, quanto naquelas impactadas pelo processo de ocupação. As empresas de mineração clandestinas rotineiramente abandonam os taludes anteriormente explorados, colocando em risco a manutenção do equilíbrio da encosta, como também à vida das populações vizinhas, pois como destaca Silva (1995) estas áreas são propícias a serem ocupadas pelas populações de baixa renda, de acordo com as facilidades encontradas, como a prévia remoção da cobertura vegetal e a existência de vias de acesso implantadas para a passagem de caminhões e tratores.

O desmatamento das encostas, tendo em vista a intensificação da intervenção antrópica, implica em sérios desequilíbrios na paisagem, como o desenvolvimento de ravinas, as quais podem evoluir para voçorocas, como também deslizamentos (Figura 26).



Figura 26. Área degradada abandonada submetida à exploração mineral (A); área degradada submetida à retirada da cobertura vegetal (B). Foto: Aline M. Rodrigues (2015).

Nesta perspectiva, entende-se que a retirada da cobertura vegetal pode ser considerada o início do processo de degradação dos solos na área de estudo, pois tanto em áreas de construções irregulares, quanto em áreas de exploração mineral, a perda da cobertura vegetal tende a ser o passo inicial para a ocorrência de outros processos de degradação, acelerando a erosão e movimentos de massa. Logo, a partir da retirada da cobertura vegetal, o solo tende a ficar mais susceptível a tais processos, colocando em perigo a biodiversidade existente.

Desse modo, com a retirada da cobertura vegetal, as vertentes ficam expostas à ação dos agentes modeladores do relevo, intensificando o processo erosivo, sobretudo em períodos de elevada precipitação. Guerra e Cunha (1996), Gobbi & Ladeira (2011) e Calderano Filho *et al.* (2014) ressaltam que a associação de chuvas concentradas, fortes declives e desmatamento podem gerar áreas potenciais à erosão e movimentos de massa, com repercussões *offsite*, como o acúmulo de sedimentos nos leitos fluviais. Por isso, a ação antrópica nas encostas, a partir de mudanças no uso do solo, pode alterar a dinâmica fluvial, ou seja, o desmatamento, construções irregulares nas encostas, mineração, práticas agrícolas, etc., tendem a reduzir a capacidade de infiltração e aumentar o escoamento superficial, proporcionando a erosão hídrica nas encostas, e, conseqüentemente, fornecer maior volume de sedimentos para a calha fluvial, que, por sua vez, pode resultar no assoreamento do leito, bem como em enchentes na planície de inundação.

Desta forma, salienta-se a necessidade de promover o uso adequado do solo em bacias hidrográficas, de modo a minimizar possíveis desequilíbrios, visto que os impactos gerados à montante têm reflexos à jusante, sendo que os sistemas ambientais possuem comportamentos de sistemas dinâmicos, com elevadas interações, fluxos de matéria e energia e retroalimentação, além da influência exercida pelo sistema antrópico, à medida que o homem pode ser considerado um agente transformador da estrutura e funcionamento dos sistemas ambientais, provocando modificações, em muitos casos, irreversíveis (CHRISTOFOLETTI, 1999; FIERZ, 2008; CHRISTOPHERSON, 2012).

Analisando o principal rio da bacia, o rio Maranduba, observa-se sérios impactos em sua foz, principalmente. O processo de degradação do rio Maranduba é bastante intenso, através da ocupação inadequada de suas margens, pode-se perceber a diminuição da quantidade e qualidade de água, a erosão das margens com a retirada da mata ciliar, resultando no assoreamento do mesmo (Figura 27). O assoreamento implica em mudanças na dinâmica fluvial e em impactos sociais e econômicos para a população ribeirinha que retira seu sustento do rio.

De acordo com Buzato (2012), muitas áreas próximas à orla na bacia do rio Maranduba foram aterradas e, atualmente, sofrem com alagamentos, além da contaminação das águas do rio com o despejo de esgoto e efluentes oriundos da ocupação irregular, tornando necessário, assim, medidas urgentes de recuperação ambiental. Constatou-se, assim, que as intervenções no uso e ocupação do solo têm ocasionado impactos negativos na rede de drenagem, sobretudo na planície costeira da área de estudo, uma vez que o processo de ocupação desordenado se torna mais intenso nesta região.



Figura 27. Ocupação desordenada do rio Maranduba (A); retirada da mata ciliar (B); margens erodidas e solapadas, árvores inclinadas e raízes expostas salientando a degradação do rio (C) e (D). Fotos: Aline M. Rodrigues (2015).

Rocha (2011) destaca, ainda, que a ocupação das encostas e a atividade de mineração corroboram para a ocorrência de pequenos escorregamentos, que acabam refletindo na dinâmica hidrológica e sedimentar dos canais fluviais.

Portanto, na bacia do rio Maranduba o processo de degradação ambiental está relacionado, sobretudo, à ocupação irregular e à exploração mineral, colocando em risco a perenidade de inestimável biodiversidade, em um ambiente que naturalmente apresenta elevada fragilidade. Constatou-se que a ocupação irregular avança sobre as encostas, tornando-as sujeitas à erosão e movimentos de massa, como também ressaltado por Buzato (2012), onde a autora destaca que os bairros tendem a avançar a montante dos vales, às vezes se alojando à jusante de grandes anfiteatros, causando escorregamentos. O processo de mineração tende a gerar danos significativos para o meio ambiente e a sociedade, tendo em vista o planejamento precário ou inexistente e a clandestinidade de grande parte das empresas de mineração que atuam na área de estudo. Segundo Ferreira *et al.* (2008), o abandono das atividades de mineração, deixando as áreas com solo exposto, propicia a instalação de processos erosivos com intensidade variável, além de alagamentos, assoreamentos de cursos de água, etc., que acentuam ainda mais o desequilíbrio ambiental.

Nesta perspectiva, o mapa da figura 14 apresenta a distribuição das áreas analisadas nesta pesquisa, em função da mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Maranduba. Tais áreas estão localizadas na borda do Parque Estadual da Serra do Mar e, em sua maioria, apresentam degradação relacionada à atividade de mineração que acontece de forma clandestina. São áreas pequenas, muitas vezes, de difícil acesso, situadas em bairros periféricos, porém, como a ação fiscalizadora é precária, o tamanho dessas áreas tende a aumentar em decorrência da exploração intensa, alterando a geometria original do terreno através da formação de taludes irregulares e instáveis.

6 CONCLUSÕES

A metodologia utilizada nesta dissertação foi satisfatória para a realização do diagnóstico ambiental de áreas degradadas, possibilitou a obtenção de informações importantes a respeito da dinâmica ambiental na bacia hidrográfica do rio Maranduba, podendo auxiliar em tomadas de decisão que visem a conservação dos solos futuramente.

Portanto, foi possível constatar que os principais vetores que causam pressão ambiental na bacia do rio Maranduba estão relacionados à ocupação irregular e à atividade de mineração, com extração clandestina de saibro. Através do mapa de distribuição das áreas degradadas foi possível identificar que as mesmas estão localizadas na borda do Parque Estadual da Serra do Mar, mas torna-se importante destacar que essas atividades tendem a se expandir em direção ao interior do Parque, afastando-se cada vez mais da costa de Ubatuba, colocando em risco a conservação da geodiversidade formada pelo importante e ameaçado bioma da Mata Atlântica.

A extração intensa de saibro provoca alterações da geometria das encostas, originando taludes íngremes e instáveis, com remoção da vegetação e exposição de solo e saprolito. A situação tende a ser agravada pelo posterior abandono desses taludes, levando ao desequilíbrio ambiental.

Nesta perspectiva, essas atividades ao causarem o desmatamento em encostas de forte declividade em região de pluviosidade elevada, corroboram para a ampliação de áreas degradadas, sujeitas à atuação de processos erosivos e movimentos de massa. Desta forma, a ação fiscalizadora da Prefeitura possui inestimável importância para a conservação ambiental dessas áreas, porém, na atualidade, ainda pode-se perceber a sua ineficiência frente à proteção dos recursos naturais.

Os resultados da análise de textura mostraram que os solos possuem classificação textural variando entre franco-arenoso, franco areno-argiloso, argiloso e franco, com porcentagens pouco mais elevadas da fração areia, seguida pela fração argila e, por último, o silte. A textura mais arenosa encontrada nos taludes tende a estar relacionada ao material de origem, o saibro, por ser um material ainda pouco intemperizado, carrega vestígios da rocha mãe, sendo possível verificar em campo a existência blocos rochosos de tamanhos variados fixados precariamente nos taludes. O talude que apresentou solo de composição granulométrica argilosa pode ter sido originado por material erodido das vertentes da Serra do Mar, que se depositam no sopé das encostas, formando os colúvios.

As propriedades físicas, densidade aparente e porosidade total, foram compatíveis com a textura dos solos, e evidenciaram a importância da cobertura vegetal para o bom funcionamento do sistema solo. Tal fato pôde ser verificado, sobretudo, através dos resultados das áreas de floresta, os quais evidenciaram a boa estrutura do solo em comparação com as áreas degradadas.

No que diz respeito às análises de estabilidade de agregados, constatou-se que os parâmetros DMP, DMG e IEA obtiveram valores baixos nas áreas degradadas, assim como os teores de matéria orgânica, diferentemente dos resultados das áreas de floresta, onde os valores foram elevados. A porcentagem de macroagregados foi mais elevada nas áreas com cobertura vegetal, em áreas sem vegetação os macroagregados apresentaram-se instáveis em água, formando microagregados. Constatou-se, então, que a estabilidade de agregados está intimamente relacionada aos teores de matéria orgânica, quanto menos matéria orgânica presente no solo, menos estáveis em água os agregados se apresentaram.

Tal fato salienta a importância da cobertura vegetal para a conservação das propriedades químicas e físicas do solo, a sua retirada expõe o solo aos agentes modeladores do relevo, a ação dos processos erosivos tende a se intensificar. Desta forma, as áreas analisadas nesta dissertação já podem ser consideradas degradadas pela remoção da vegetação, que aliado às características naturais da área de estudo, como forte declividade e pluviosidade elevada, corroboram para a ocorrência de impactos ambientais, sobretudo associados à perda da qualidade dos solos.

O pH apresentou-se ácido em todas as amostras analisadas, onde os elevados índices pluviométricos, através do processo de lixiviação, podem estar carreando as bases presentes no solo.

Conclui-se, portanto, que os solos da bacia hidrográfica do rio Maranduba estão sujeitos aos processos de degradação, perdendo a sua qualidade frente aos processos erosivos acelerados pelo avanço da urbanização em locais impróprios, como as encostas íngremes, além da extração mineral, resultando em uma série de impactos negativos tanto *onsite* (no próprio local) quanto *offsite* (fora do local) (FULLEN e CATT, 2004; GUERRA e MENDONÇA, 2011; GUERRA, 2014).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB’SÁBER, A. N. Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, n. 1, p. 3-44, 1955.
- AB’SÁBER, A. N. Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ABU-HAMDEH, N. H.; ABSO-QDAIS, S. A.; OTHMAN, A. M. Effect of soil aggregate size on infiltration and erosion characteristics. *European Journal of Soil Science*, Cambridge, v. 57, p. 609–616. 2006.
- AFONSO, C. M. (1999) *Uso e Ocupação do Solo na Zona Costeira do Estado de São Paulo: Uma Análise Ambiental*. Editora Anablume, São Paulo. 185p.
- ALVES, C. C. E.; BEZERRA, L. M. A. M.; COSTA, A. C. da. A Importância da Conservação/Preservação Ambiental da Floresta nacional do Araripe para a Região do Cariri – Ceará. *Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL*, 2011- Costa Rica II Semestre 2011 pp. 1-10.
- ANDRADE, A.G.de.; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C.L. Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas. Comunicado Técnico, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005.
- ANH, P. T. Q.; GOMI, T.; MACDONALD, L. H.; MIZUGAKI, S.; KHOA, P. V.; FURUICHI, T. Linkages among land use, macronutrient levels, and soil erosion in northern Vietnam: A plot-scale study. *Geoderma* 232-234 (2014) 352–362.
- ARAUJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.D.; GUERRA, A.J.T. *Gestão Ambiental de Áreas Degradadas*. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 4ª edição. 2009.
- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:337-345, 2004.
- ASHMAN, M. R.; PURI, G. *Essential soil science: a clear and concise introduction to soil science*. Oxford: Blackwell Publishers, 2002. 198 p.
- ASSIS, R.L.; BAHIA, V.G. (1998). Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. *Informe Agropecuário*, v.19, p.71-78.
- AZEVEDO, A.C. de; DALMOLIM, R.S.D. *Solos e ambiente: uma introdução*. Santa Maria: Palotti, 2004.
- BALDOTTO, M.A.; VIEIRA, E.M.; SOUZA, D.O.; BALDOTTO, L.E.B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 62, n.3, p. 301-309, mai-jun, 2015.
- BARCELOS, A. A., CASSOL, E. A. e DENARDIN, J. E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v.23, p.35-43. 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.21, p.105-12, 1997.

BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C. R.; & LEPSCH, I. F. Manual Para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. Campinas, 173p, 1991.

BENISTON, J. W.; SHIPITALO, M. J.; LAL, R.; DAYTON, E. A.; HOPKINS, D. W.; JONES, F.; JOYNES, A.; DUNGAIT, J. A. J. Carbon and macronutrient losses during accelerated erosion under different tillage and residue management. *European Journal of Soil Science* (2015) 66, 218–225.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo, Ícone, São Paulo, 2010, 7ª edição. 355p.

BOARDMAN, J. POESEN, J. Soil erosion in Europe: major processes, causes and consequences. In: Boardman J, Poesen J, editors. *Soil Erosion in Europe*. Chichester. England: Wiley, 2006.

BRABB, E.E. The world landslide problem. *Episodes*, v.14, n.1, 1991. P.52-61.

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

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. (2008). The nature and properties of soil. 14 ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson-Prentice Hall, 990p.

BRANDT, C.J. Transformation of the kinetic energy of rainfall with variable tree canopies. Londres: Universidade de Londres, 1986, 446 p. Tese de Doutorado.

BURG, D.; MALKINSON, D.; KATRIEL, G.; WITTENBERG, L. Modeling the dynamics of soil erosion and vegetative control - catastrophe and hysteresis. *Theor Ecol* (2015) 8:67–79.

BUZATO, E. Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geoindicadores. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012.

CAIRES, E.F. Correção da acidez do solo em sistemas de plantio direto. Piracicaba - SP: International Plant Nutrition Institute (INPI), 2013. 13p.

CALDERANO FILHO, B.; ANDRADE, A.G. de.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A.J.T.; FILHO, A.R. Diagnóstico geoambiental da área do entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, para fins de recuperação de áreas degradadas. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 10, n.29. 2009.

CALDERANO FILHO, B.; BERING, S.B.; CALDERANO, S.B.; GUERRA, A.J.T. Suscetibilidade dos solos à erosão na microbacia do córrego Fonseca, região serrana do estado

do Rio de Janeiro. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE, Aracaju, 2014.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: [s.n.], 1997. 132 p.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 23, p. 383-391, 1999.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 19:121-126, 1995.

CANDIDO, Humberto Gois. Degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba – MG. 2008. 107 f. Teses (Doutorado) – Curso de Agronomia, Unesp Jaboticabal, Jaboticabal, 2008.

CARVALHO, C.S. Matéria orgânica, agregação e proteção física em solos tratados com lodo de esgoto. Tese (doutorado) – Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agrônômico, 2015.

CARVALHO, E.M. Análise diagnóstica de indicadores de erosão do solo na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2012.

CARVALHO, M.A.; RUIZ, H.A.; COSTA, L.M.; PASSO, R.R.; ARAUJO, C.A.S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.10, p.1010–1016, 2014.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p. 527-538, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. SP. Edgard Blücher Ltda, 1999.

CHRISTOPHERSON, R.W. Geossistemas – Uma Introdução à Geografia Física. Porto Alegre: Bookman, 7º edição, 2012.

COGO, N. P. Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope lenght on erosion and related parameters. West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado).

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 27, p. 743-753, 2003.

CORREIA, J. R.; LIMA A. C. S.; ANJOS, L.H.C.dos. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de Minas Gerais. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 447-467. 2004.

COSTA, A. C. S. *et al.* Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de latossolos do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.21, n.3, p.491-496, 1999.

COSTA, R. C.; FUTEMMA, C. R. T. Racionalidade com Compromisso: Os Assentados do Ribeirão Bonito (Teodoro Sampaio-SP) e o Projeto de Conservação Ambiental. *Ambiente & Sociedade* 9, 128-148. 2006.

CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar. *Rev. IG*, São Paulo, 8-10, 11(1), 9-20, 1990.

CUNHA, M.A.; FARAH, F; CERRI, L.E.S.; GOMES, L.A.; GALVÊS, M.L.; BITTAR, O.Y.; FILHO, O.A.; SILVA, W.S. Ocupação de encostas. São Paulo: IPT, 1991. 216p.

DA COSTA, S.M.F.; CINTRA, J.P. Environmental analysis of metropolitan areas in Brazil. *Photogrammetry & Remote Sensing*, v.54, p.41-49, 1999.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no Cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011.

DAVIES, P. (1985). Influence of organic matter content, moisture status and time after reworking on soil shear strength. *Journal of Soil Science*, 36, 2, 299-306.

DEBARBA, L. Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo. Dissertação de Mestrado, UFSM/CCR/PPGE, Santa Maria, RS, 1993.

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

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Research*, v.11, p.199-238, 1988.

DHITAL, Y. P.; KAYASTHA, R. B.; SHI, J. Soil Bioengineering Application and Practices in Nepal. *Environmental Management* (2013) 51:354–364.

DITZLER, C. Quality and erosion. In: LAL, R. (Ed). *Encyclopedia of soil science*. New York: Marcel Dekker, 2002, p. 1066-1068.

EDUARDO, A. S. A aplicação de mecanismos econômicos para assegurar a reabilitação dos impactos socioambientais causados pela mineração de saibro no município de Ubatuba/SP. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 2008.

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, 1997.

ENCIDE, A. P. Métodos não convencionais para avaliação da porosidade e da densidade do solo de um latossolo vermelho. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2005.

FANTIN, T.Y. Cobertura vegetal e erosão em entressulcos sob pastagem irrigada em Uberaba – MG. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

FERNANDES, B.B. Efeito do teor de água na avaliação da compactação do solo causada pelo tráfego agrícola e seu reflexo nos atributos físicos do solo. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

FERNANDES, J. Percepção ambiental: as transformações no cotidiano de caiçaras 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, C. J.; BROLLO, M. J.; UMMUS, M. E.; NERY, T. D. Indicadores e quantificação da degradação ambiental em áreas mineradas, Ubatuba (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, volume 38 (1), 2008.

FERREIRA, C. J.; FERNANDES, P. C. S.; FURLAN, S. A.; BROLLO M. J.; TOMINAGA, L. K.; VEDOVELLO, R.; GUEDES, A. C. M.; FERREIRA, D. F.; EDUARDO, A. S.; AZEVEDO, J. M. S.; LOPES, E.; CRIPPS, J. C.; PERES, F.; ROCHA, G. 2005. Devising strategies for reclamation of derelict sites due to mining of residual soil (Saibro) at Ubatuba, North Coast of Sao Paulo State, Brazil: the views and roles of stakeholders. *Sociedade & Natureza*, Special Issue (ISSN 0103-1570): 643-660.

FIERZ, M.S.M. As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, 2008.

FIORI, A.P. & CARMIGNANI, L. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas, aplicações na estabilidade de taludes. 2.ed. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2009. 602p.

FISTER, W.; ISERLOH, T.; RIES, J. B.; SCHMIDT, R. G. A portable wind and rainfall simulator for in situ soil erosion measurements. *Catena* 91 (2012) 72–84.

FOLLMANN, F.M.; FOLETO, B.M. Importância das áreas com vegetação na área de conservação natural do Aquífero Arenito Basal Santa Maria, Santa Maria, RS. ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 33, n. 1, p. 37-51./jan/abr. 2013.

FONTANA, A.; BRITO, R.J.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, p.291-297, 2010.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; DOS ANJOS, L.H.C.; BENITES, V.M. Quantificação e utilização das frações húmicas como característica diferencial em horizontes diagnósticos de solos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1241-1257, 2010.

FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: BASSELMAN, J.A. Hydrological modeling of small watersheds. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineering, 1982. p.297-300.

FOSTER, G.R.; MEYER, L.D. Soil erosion and sedimentation by water – an overview. In: Nacional Symposium on soil erosion and sedimentation by water, 1977, Illinois. Proceedings...St. Joseph, 1977. p. 1-13.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. *Rev. Cienc. Agrar.*, v. 57, n. 3, p. 224-233, 2014.

FREITAS, P. L. de. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Ed.). Fascículos sobre experiências em plantio direto nos cerrados. Goiânia: APDC, p.199-213, 1994.

FULLEN, M. A. & CATT, J. A. Soil management: problems and solutions. Arnold Publishers, London: 2004, 269 pp. (ISBN: 0-340-80711-3).

FUSHIMI, M. Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente - SP. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, 2012.

GALDINO, S. Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do alto Taquari – MS/MT. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, SP, 2012.

GOBBI, E.S.; LADEIRA, F.S.B. Proposta para mapeamento de riscos associados a movimento de massa e inundação: o caso de Ubatuba, SP. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 30, n. 3, p. 445-456, 2011.

GOUDIE, A. & VILES, H. (1997). *The Earth Transformed – Na Introduction to Human Impacts on the Environment*. Oxford, Blackwell Publishers, 276p.

GOUDIE, A. *The changing Earth-Rates of Geomorphological Processes*. Oxford, Blackwell Publishers, 1995, 302p.

GOUDIE, A. *The Enciclopaedic Dictionary of Physical Geography*. Basil Blackwell Publishers Ltd., Oxford, Inglaterra, 528 pp. (1985).

GRAY, D. Influence of vegetation on the stability of slopes. In: International Conference on the Interaction of Vegetation with Natural and Formed Slopes. Oxford. Proceedings...London: Thomas Telford, 1995. P. 2-25.

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 19, p. 319-328, 1960.

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

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

GUERRA, A. J. T. & MARÇAL, M. dos S. Geomorfologia ambiental – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 197p.

GUERRA, A. J. T. & MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (Orgs). Reflexões sobre a geografia física no Brasil – 5° ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

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. 1° edição, 2014.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. – 9° Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J. T., Encostas e a Questão Ambiental. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs). A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, p. 191 – 217. 6° edição, 2010.

GUERRA, A. J. T.; & JORGE, M. C. O. Geomorfologia do Cotidiano- A Degradação dos Solos. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.4, N.4, p.116 – 135, 2012.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; FULLEN, M. A.; MENDONÇA, J. K. S.; JORGE, M. C. O. The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil. *Nat Hazards* (2015) 75:2625–2636.

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

GUERRA, A.J.T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. Hazard risk: a case study from Brazil. *Geography Review*, 2014.

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

GUO, Q.; HAO, Y.; LIU, B. Rates of soil erosion in China: A study based on runoff plot data. *Catena* 124 (2015) 68–76.

HAN, W.; SHI, S.; ZHU, Z.; XUE, L.; JUANLI, Z. A. A simulation test of the impact on soil moisture by agricultural machinery. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 73, p. 16536-16540, 2011.

HASUI, Y. *et al.* Mapa geológico do pré-cambriano em São Paulo, 1:500.000. UNESP/PROMINER/DNPM, Rio Claro, 1993.

HASUI, Y.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. O embasamento pré-cambriano e paleozoico em São Paulo. In: IPT. Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo, IPT Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. (Série Monografias V1), 1981.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA W.M. Sistema de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.1, p.145-54, 1999.

HUALLANCA, R.E.Z. Mecanismos de ruptura em taludes altos de mineração a céu aberto. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2004.

HUDSON, N. Soil Conservation. New York: Cornell University Press, 1971. 302 p.

IBGE. 2004. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Populacional.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Digital Municipal.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO - IPT. Mineração & município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. São Paulo, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 2001. Plano de bacias hidrográficas. Relatório IPT N.57540. In: JORGE, M. C. O. Zoneamento ambiental do município de Ubatuba – SP. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, Rio Claro. 2004.

JORGE, J.A.; PRADO, H. do. Porosidade, consistência e propriedades hídricas de três Podzólicos Vermelho-Amarelos e uma terra roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 1-6, 1988.

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. Ed. Bertrand Brasil. 1ª edição, 2014.

JORGE, M. C. O. Zoneamento ambiental do município de Ubatuba – SP. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, Rio Claro. 2004.

JÚNIOR, C.C. Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

JÚNIOR, E. B. P.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HAFLE, O. M. Impactos do pisoteio ovino nos atributos físicos do solo em área de coqueiro-anão irrigado, na região do semiárido paraibano. *Global Science and Technology*, Rio Verde, v. 07, n. 01, p.48 – 55, 2014.

JÚNIOR, E.M.; MARQUES, C.; PAULA, L.T.de; CASSANELI, L. B. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. *R. bras. Est. Pop.*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 35-56. 2013.

JÚNIOR, J.F.P.; CRUZ, L.M.; RODRIGUES, S.C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 20 (2): 157-175. 2008.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, WI. Soil Science Society of America, 1994.

KAY, B. D.; MUNKHOLM, L. J. Management-induced soil structure degradation – organic matter depletion and tillage. In: SCHJONNING, P.; ELMHOLT, S.; CHRISTENSEN, B. T. *Managing soil quality: Challenges in modern agriculture*. Tjele, Denmark: CABI Publishing, 2004. p.185-197.

KEMPER, W.D. Aggregate stability. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.511-519.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia, relações solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*. V. 19, n. 1, 2015, p.21-29.

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* (2010), 148, 529–541.

KONG, A. Y. Y.; SIX, J.; BRYANT, D. C.; DENISON, R. F. e KESSEL, C. van. The Relationship between Carbon Input, Aggregation, and Soil Organic Carbon Stabilization in Sustainable Cropping Systems. *Soil Science Society of America Journal*. v. 69, p.1078–1085, 2005.

KORMANN, T.C. Ocupação de encostas no município de Blumenau – SC: estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 2014.

KRZIC, M.; BUHNER, C. E.; TESTE, F.; DOMPTER, L.; RAHMAN, S. Soil properties influencing compactability of forest soils in British Columbia. *Canadian Journal Soil Science*, v.84, p.219-236, 2004.

LABRIÈRE, N.; LOCATELLI, B.; LAUMONIER, Y.; FREYCON, V.; BERNOUX, M. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 203 (2015) 127–139.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. *Rev. Bras. Ciência do Solo*, v. 28, n.3, p.415-422, 2004.

LEPSCH, I. F., *Solos: Formação e Conservação*. 5 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. p.178.

LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. São Paulo: Edusp, 2005. 335p.

LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. (2003). Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, p.199-205.

LIMA, G.C. Variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos e índice de qualidade dos solos da sub-bacia das Posses, Extrema (MG), sob diferentes agroecossistemas. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

LIMA, R. N. S.; MARÇAL, M.S. Avaliação da Condição Geomorfológica da Bacia do Rio Macaé – RJ a Partir da Metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.14, n.2, p.171-179, 2013.

LIMA-e-SILVA, P.P.; GUERRA, A.J.T.; DUTRA, L.E.D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs). *Avaliação e perícia ambiental*. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 1999. 266p.

LIU, M-Y.; CHANG, Q-R.; QI, Y-B.; LIU, J.; CHEN, T. Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. *Catena* 115 (2014) 19–28.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:175-187, 2004.

LUCHIARI, M.T.D.P. *O lugar no mundo contemporâneo: turismo e urbanização em Ubatuba-SP*. Tese de doutorado. IFCH – UNICAMP, 1999, 218p.

MA, B.; LIU, Y.; MA, F.; WU, F.; LI, Z. Soil splash detachment and its spatial distribution under corn and soybean cover. *Catena* 127 (2015) 142–151.

MACEDO V.R.M; SILVA, A.J.N, & CABEDA, M.S.V. Influência de tensões compressivas na pressão de pre-compactação e no índice de compressão do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14:856-862. 2010.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. – 6° ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, 340p.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. Em: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Campinas, Fundação Cargill, p. 3-64, 1985.

MARÇAL, M. S. Suscetibilidade à Erosão dos Solos no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia – Maranhão. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2000.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Indicadores Ambientais Relevantes para a Análise da Suscetibilidade à Erosão dos Solos em Açailândia (MA). Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, Nº 2 (2003) 01-16.

MARCHINI, D.C.; LING, T.C.; ALVES, M.C. CRESTANA, S.; FILHO, S.N.S.; ARRUDA, O.G. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.6, p.574–580, 2015.

MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A.; ARCENEGUI, V.; ZAVALA, L.M. Fire effects on soil aggregation: a review. Earth-Science Reviews, v. 109, n. 1-2, p. 44-60, 2011.

MELLO, G.; BUENO, C.R.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 02, p. 315–322, 2006.

MELO, F.L.; SIMÃO, J.B.P.; CAIADO, M.A.C.; RANGEL, O.J.P. Vegetação como instrumento de proteção e recuperação de taludes. Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 116 - 124, (Edição Especial) dezembro, 2013.

MELO, K. C. Geocologia da Paisagem do Município de Ubatuba – SP. Revista GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 997-1009, 2012.

MENDES, P.P.M.; ORLANDO, P.H.K.; RIBEIRO, L.L. A questão ambiental e processos erosivos na cidade satélite Ceilândia (DF). Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 02, n. 13, 2014, pp. 95-107.

MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. R. Bras. Ci. Solo, 18:295-303, 1994.

MENEZES, I.P. Estudo de estabilidade de taludes da mina a céu aberto São Luís em Catas Altas – MG combinando técnicas de geoprocessamento e métodos usuais de investigação e análise geológico-geotécnicas. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. *et al.* Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2º ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P.1-5.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J. & FONSECA, G. A. B. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX eds. 2006.

MORAIS, N.R. Erosividade, padrões hidrológicos e estimativa da erosão em latossolo de Goiás. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Goiás, 2012.

MORAIS, S. M.; RODRIGUES, J. B.; SACHSI, L. L. B.; DEHLER, N. M. 1999. Integração geológica da Folha Santos 1:250.000 (SF-23-Y-D) Estado de São Paulo. Brasil. Ministério de Minas e Energia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 1v e Mapa.

MORGAN, R.P.C. & RICKSON, R.J. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. London: E & FN Spon, 1995. 274p.

MORGAN, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. England: Blackwell, 2005.

MOSADDEGHI, M.R.; MAHBOUBI, A.A.; SAFADOUST, A. Shortterm effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. Soil & Tillage Research, v.104, p.173-179, 2009.

MUEHE, D. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. 476p, MMA - Ministério do Meio Ambiente e Amazônia Legal, Brasília, DF, Brasil. (ISBN 85- 7738-028-9), 2006.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403, 853-858. 2000.

NACINOVIC, M. G. G.; MAHLER, C. F.; AVELAR, A. S. Soil erosion as a function of different agricultural land use in Rio de Janeiro. Soil & Tillage Research 144 (2014) 164–173.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. P.; PARENT, S-É. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NAVAS, A.; MACHÍN, J.; SOTO, J. Assessing soil erosion in a Pyrenean mountain catchment using GIS and fallout ¹³⁷Cs. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 105, n. 03, p. 493-506, 2005.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo: Villibor, 1995. 240p.

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil. INPE, p. 5427-5434. 2007.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant Soil, 76:319-337, 1984.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; MEDINA, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). R. Bras. Ci. Solo, 14:235-239, 1990.

OLIVEIRA, E. G. Caracterização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Espírito Santo/Coari (AM) no período de 1990 a 2010. Dissertação (mestrado) – Manaus, AM – UFAM, 2012.

OLIVEIRA, I. P.; PINHO, C.; ROCHA, F. da. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, São Luís de Montes Belos, v. 1, n.1, p. 50-64, 2005.

OLIVEIRA, J.B. Solos do estado de São Paulo. 1ª ed. Campinas: IAC, 1999.

OLIVEIRA, J.G.R.; FILHO, J.T.; BARBOSA, G.M.C. Qualidade física do solo das trilhas do parque estadual do Cerrado – PR. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1715-1722, 2013.

OLIVEIRA, L.S.; CRUZ, M.L.B. Vetores de pressão sobre a Unidade de Conservação de Proteção Integral: a Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física. Vol.07, n.06 (2014) 1126-1132.

PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOURES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. Revista Ceres 43 (249): 674-683. 1996.

PALMIERI, F. Interações ambientais tendo em vista o desenvolvimento sustentável das microbacias dos afluentes do córrego do Saco-Rio Ubá nos municípios de Paty do alferes e Miguel Miguel Pereira-RJ. Consórcio EMBRAPA-CNPS/UFRJ/UFRRJ/UERJ/Fiocruz/INT/EMATER-RIO/PMPA (Tomo I, II e III). Relatório Final ref. Convênio: 66.96.0078.00. Rel. contratação: 321161096. Rio de Janeiro, p. 614. 1998.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas. Londrina: IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Circular nº 98, Abril, 1998.36p.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V.; AUGUSTO FILHO, O. Geologia e solo. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. Engenharia ambiental: conceitos, tecnologias e gestão. Rio de Janeiro. Elsevier. 2013.

PEREIRA, A.A.; THOMAZ, E.L. Estabilidade de agregados em diferentes sistemas de uso e manejo no município de Reserva – PR. Revista Brasileira de Geografia Física, vol.07, n.02 (2014), 378-387.

PEREIRA, L. S. Análises físico-químicas de solos com distintas coberturas vegetais e processos hidroerosivos em área degradada na bacia do rio Maranduba - Ubatuba, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2015.

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. 10 SINAGEO: geomorfologia, ambiente e sustentabilidade. Manaus/AM, 2014.

PINZÓN, A.; MEZQUITA, E. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedmonte amazónico de Colombia. *Past. Trop.* v.13, p. 21-26, 1991.

PLAZA-BONILLA, D.; CANTERO-MARTÍNEZ, C.; VINÃS, P.; ÁLVARO-FUENTES, J. Soil aggregation and organic carbon protection in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions. *Geoderma*, v.193, p.76-82, 2013.

PODWOJEWSKI, P.; POULENARD, J. NGUYET, M. L.; ROUW, A.; NGUYEN, V. T.; HA PHAM, Q.; TRAN, D. C. Climate and vegetation determine soil organic matter status in an alpine inner-tropical soil catena in the Fan Si Pan Mountain, Vietnam. *Catena*, v. 87 p. 226–239, 2011.

POESEN, J. Surface sealing as influenced by slope angle and position of simulated stones in the top layer of loose sediments. *Earth Surfaces Processes and Landforms* 11, 1986. pp. 1– 10.

PONÇANO, V. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICH, C. A.; ALMEIDA, F. F. M.; PRANDINI, F. L. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (Escala 1:1.000.000). São Paulo, 2v. Monografias, IPT/DMGA.

PORTUGAL, A.F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C.E.R.G.; NEVES, J.C.L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. *Revista Ceres, Viçosa*, n.4, v.57, p.545-553, 2010.

PREVEDELLO, C.L. Física do solo om problemas resolvidos. Curitiba: SAEAFS, 1996. 446 p.

PREVEDELLO, J.; VOGELMANN, E. S.; KAISER, D. R.; FONTANELA, E.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Agregação e matéria orgânica de um argissolo sob diferentes preparos do solo para plantio de Eucalipto. *Pesq. flor. bras., Colombo*, v. 34, n. 78, p. 149-158, 2014.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002.

PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 240p.

RAIMUNDO, S. As ondas do Litoral Norte (SP): Difusão espacial das práticas caiçaras e do veraneio no Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar (1966-2001). Tese de Doutorado. UNICAMP – Instituto de Geociências. Campinas-SP, 2007, 304p.

RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELAE, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7, 385-403. 1998.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; REINERT, D. J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: SBCS, 2011.

REICHERT, J. M.; REINERT, J. D.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: LIER, Q. J. V. (editor) Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 29 – 102.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 102, p. 242-254, 2009.

REINERT, D. J.: REICHERT, J. M. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.; ROSA, G.; CERETTA, C. A. Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2001. p. 114-131.

REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; YANG, X.M.; FOX, C.A.; TAN, C.S.; ZHANG, T.Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.96, n.1-2, p.316-330, 2007.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos Processos Erosivos na Sub-Bacia do Córrego Guanabara, Município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. *Revista GeoPantanal, UFMS/AGB. Grupo de Pesquisa Pantanal Vivo. Corumbá/MS. 8(14): 152-169. 2013.*

ROCHA, F. S.; MARTINS, S. R. M.; COSTA, R. R. G. F. Acidez do solo sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Quirinópolis. XV SIMBIO, Simpósio de Biologia, “Ciência e Educação”, p. 19-24. 2014.

ROCHA, K.N.D. Relação entre a vulnerabilidade social e a fragilidade ambiental no Litoral Norte Paulista: o caso dos municípios de Ilhabela, São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 2011.

RODRIGUES, A.M.; PEREIRA, L.S.; JORGE, M.C.O; GUERRA, A.J.T. Análises Físico-Químicas de Solo de Taludes Degradados na Bacia Hidrográfica do Rio Maranduba, Ubatuba/SP. *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí.

ROFFE, T.G. Dinâmica da produção de sedimentos devido a mudanças no uso da terra: estudo de caso da bacia de Chambas, Província Ciego de Ávilla, Cuba. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, 2012.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa, Monitoramento Por Satélite, Campinas: 26 p. 2010.*

ROSSETTO, R; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. *Encarte do Informações Agrônômicas, n.110, junho de 2005.*

ROSSI, M. Fatores formadores da paisagem litorânea: a bacia do Guaratuba, São Paulo – Brasil, 1999. 159p. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SADA, P.O.; OLDEMERHO, F.O. Environmental Issues and Management in Nigerian Development. Eds. Evans Brothers, Ibadan. 1986. 47pp.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T. & BOTELHO, R. G. M. (Orgs). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 6° ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.

SÁNCHEZ, L. H. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495 p.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Suelos acidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en America Tropical. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983. 93p.

SANDALOWSKI, C.F. Análise da estabilidade de agregados do solo na conformação de vertente em uma topossequência no município de Gaurama/RS. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

SANT'ANA, K.D.A. Diagnóstico ambiental do meio físico do Campo de Instrução de Santa Maria (CISM). Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, 2012.

SANT'ANNA NETO, J. L. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.

SANTOS, A.C.N. Análise do custo da erosão do solo na microbacia hidrográfica do Ceveiro. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, 2014.

SANTOS, A.R. DOS. A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 122 p., 2004.

SANTOS, C. A.G.; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, V. S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido da Paraíba. Revista OKARA: Geografia em debate, v.1, n.1, p. 1-152, 2007.

SANTOS, D. C. dos. *et al.* Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. R Bras Ci Solo, v.35, p.1735-1744, 2011.

SANTOS, F.C.; BARCELOS, A.C.; RODRIGUES, S.C. Distribuição e correlação de atributos físicos do solo de uma vertente em ambiente de Cerrado. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.86–91, 2014.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã - MA. Cadernos de Pesquisa, São Luís, v. 20, n. especial, 2013.

SANTOS, J.R.U.; SANTOS, E.O.; MELO, N.A. Os impactos antropogênicos versus riscos geomorfológicos em encostas urbanas: um estudo de caso no bairro de Bebedouro, Maceió – Alagoas. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.210-217, 2014. (ISSN 2237-1419).

SEABRA, L. Turismo Sustentável: Planejamento e Gestão. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs). A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, p. 153 – 187. 6º edição, 2010.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. PLANO DE MANEJO – Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo: Instituto Florestal, 2006. 445p.

SELBY, M. J. Hillslope Materials and Processes. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, 2ª edição, 1993, 451 pp.

SENSOY, H.; KARA, O. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. Biogeosciences and Forestry. iForest (2014) 7: 110-114.

SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil Till. Res., 87:194- 204, 2006.

SILVA, A. C. O litoral norte do Estado de São Paulo, formação de uma região periférica. São Paulo: IGEOG-USP, Série teses e monografias, 1975, 273p.

SILVA, A. S. da. Mineração e Áreas de Preservação Permanentes (APPs) em Santo Antônio de Pádua – RJ. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, ano 23 n. 2, 173-185, 2011.

SILVA, A.S. da. 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, 340p.

SILVA, A.S.; SILVA, I.F.; BANDEIRA, L.B.; DIAS, B.O.; NETO, L.F.S. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. Ciência Rural, v.44, n.10, out, 2014.

SILVA, F.L.M. O risco geológico associado à ocupação de áreas de mineração no município de Ubatuba (SP). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências, 1995.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.113-117, 1997.

SILVA, K. M.; TOLEDO, C. C. Diagnóstico de área degradada por extração de saibro. Vianna Sapiens, Juiz de Fora, v.1, edição especial, 2010.

SILVA, N.F.; CUNHA, F.N.; OLIVEIRA, R.C.; FILHO, R.C.; TEIXEIRA, M.B.; CARVALHO, J.J. Características físico-hídricas de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo. Rev. Bras. Agric. Irr. v. 8, nº.5, Fortaleza, p. 375 - 390, Set - Out, 2014.

SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, 2011. p. 1-13.

SMITH, P. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *European Journal Soil Science*, New Jersey, v.20, p.229-236, 2004.

SOBRAL, A. C.; PEIXOTO, A. S. P.; NASCIMENTO, V. F.; RODGERS, J.; SILVA, A. M. Natural and anthropogenic influence on soil erosion in a rural watershed in the Brazilian southeastern region. *Reg Environ Change* (2015) 15:709–720.

SOUZA, A. P.; JARDIM, H. L.; SOUZA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GOMES, R. A. T; MIRANDA, J. P. L; BERTOLINO, A. V. F. A; FERNANDES, N.F. Monitoramento do potencial matricial, das perdas de solo e da água para diferentes técnicas de manejo do solo, durante o evento pluviométrico: Campus Experimental da Pesagro (Paty do Alferes/RJ). X Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada. Rio de Janeiro, 2003.

SOUZA, L.H.F. A transformação técnico-científica no meio rural brasileiro pós 1990: uma reflexão sobre os impactos herdados do processo de modernização agrícola. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 17 (32): 47-60, jun. 2005.

SOUZA, N. C.; GIANOTTI, M. A.; LAROCCA, A. P. C.; QUINTANILHA, J. A.; FILHO, G. S. A. Análise da associação entre características topográficas e tipos de ocorrência de processos erosivos ao longo de linha férrea – estudo de caso: Malha Paulista – ALL (SP). *Boletim de Ciências Geodésias*, sec. Artigos, Curitiba, v. 20, no 4, p.947-969, 2014.

SPERA, S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura- produção integração lavoura---pecuária (ILP), sob plantio direto pecuária (ILP), sob plantio direto pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.

STOCHALAK, J. The classification of slope deposit from engineering geological point of view. En: *Anais...International Congress of Engineering Geology*, 2, v.2: V27.1-V27.12. IAEG. 1974. São Paulo.

SUN, W.; SHAO, Q.; LIU, J.; ZHAI, J. Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. *Catena* 121 (2014) 151–163.

SUZUKI, L.E.A.S.; LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REINERT, J.M.; PILLON, C.N. Estrutura e armazenamento de água em um argissolo sob pastagem cultivada, floresta nativa e povoamento de eucalipto no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:94-106, 2014.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R. de. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2008, vol.32, n.3.

TAVARES, R.; ARMANI, G.; BRIGATTI, N.; ROCHA, B. N. 2005.Hidroclimatologia. In: FERREIRA, C. J. (coord) 2005. Diretrizes para regeneração socioambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo), Ubatuba. 2º Relatório Técnico Parcial, Instituto Geológico, São Paulo, 2005.

TAVARES, R.; SANT'ANNA NETO, J. L. e SANTORO, J. Chuvas e escorregamentos no Litoral Norte Paulista entre 1988 e 2001. In: *Anais do Encontro de Geógrafos Brasileiros*. João Pessoa: AGB-DER, 2002.

TELLES, T.S. A erosão do solo no Brasil: histórico da pesquisa e custos das perdas de nutrientes. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

TELLES, T.S. Os custos da erosão do solo. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, 2010.

THORNES, J.B. 1990. The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes. In: Thornes, J.B. (Ed.), *Vegetation and Erosion. Processes and Environments*. Wiley, Chichester, pp. 41–53.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163, 1982.

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.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ASSIS, R.L. de.; SOUZA, Z.M. de. Atributos físicos de um latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 39:428-437, 2015.

TRICART, J. *Mise au point – L'évolution des versants. L'information géographique*, 1957.

UZÊDA, M.C.; FIDALGO, E.C.C.; IGUATEMY, M.A.; ROUWS, J.R.C.; ALVES, R.C. Estrutura da paisagem e qualidade de fragmentos: análise integrada em uma área de Mata Atlântica, no Rio de Janeiro. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

VALPASSOS, M. A. R.; CAVALCANTE, E. G. S.; CASSIOLATO, A. M. R.; ALVES, M. C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesq. agropec. bras. Brasília*, v. 36, n. 12, p. 1539-1545, 2001.

VASCONCELOS, F. P.; CORIOLANO, L. N. M. T. Impactos Sócio-Ambientais no Litoral: Um Foco no Turismo e na Gestão Integrada da Zona Costeira no Estado do Ceará/Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 8(2):259-275 (2008).

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S.; COSTA, Y. D. J. da; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.309316, 2010.

VASCONCELOS, R.F.B.; SOUZA, E.R.; CANTALICE, J.R.B.; SILVA, L.S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.4, p.381–386, 2014.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S. Efeito de Diferentes Materiais no pH do Solo. *Ciência Agrícola*, Piracicaba – SP, 49 (1): 123-128, 1992.

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.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. *O Solo Como Sistema*. – Curitiba: Ed. dos autores, 2011. 104p.

VEZZANI, F.M. Solos e os serviços ecossistêmicos. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V. O8, número especial IV SMUD (2015) 673-684.

VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. & SIX, J. Building up organic matter in a subtropical Paleudult under legume cover-crop-based rotations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73:1699-1706, 2009.

VORONEY, R. P., VAN VEEN, J. A. e PAUL, E. A. (1981). Organic carbon dynamics in grassland soil. II Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science*, 61, 211-224. In: GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas Encostas*. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. – 9º Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, v.28, p.256- 265, 2012.

WEST, T.O.; POST, W.M.; Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*. V. 66, 1930-1946. 2002.

WILD, A. *Soils and the environment: an introduction*. Cambridge University Press, Grã-Bretanha, 287p. 1993.

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. *R. Bras. Ci. Solo*, 38:980-989, 2014.

WOLLE, C.M. *Taludes naturais – mecanismos de instabilização e critérios de segurança*. 1980. 345 f. Dissertação (mestrado), EPUSP, São Paulo, 1980.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal American Society Agronomy*. v. 28, p. 337- 351. 1936.

ZANELLA, L. *Análise da interferência antrópica na fragmentação da Mata Atlântica e modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

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 (2015) 44–53.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; BIGHAM, J. M.; RESCK, D. V. S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: soil structure. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v. 71, n. 4, p. 1215–1224, 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.

8 ANEXO

Tabela 10. Propriedades químicas e físicas das amostras analisadas.

TABELA GERAL													
AMOSTRAS		Textura				DS (g/cm ³)	PT (%)	MO (%)	CO (%)	pH	Estabilidade de Agregados		
		Areia %	Silte %	Argila %	Classificação Textural						DMP(mm)	DMG(mm)	IEA(%)
A D	P1	62,39	23,47	14,14	Franco arenoso - sandy loam	1,3	49,9	2,99	1,74	4,3	2,28	1,64	84,28
	P2	65,16	17,44	17,41	Franco arenoso - sandy loam	1,4	48,1	0,34	0,19	5,1	1,02	0,45	45,08
	P3	58,28	13,04	28,68	Franco areno-argiloso - sandy clay loam	1,3	50,4	1,41	0,82	4,3	2,34	1,95	92,24
	P4	56,68	11,95	31,38	Franco areno-argiloso - sandy clay loam	1,5	45,4	0,53	0,31	4,6	1,01	0,54	53,15
	P5	66,9	16,2	16,9	Franco arenoso - sandy loam	1,6	40,1	0,65	0,38	4,7	1,50	0,90	68,74
	P6	36,23	8,73	55,05	Argiloso - clay	1,3	51,5	1,16	0,68	4,2	0,87	0,54	49,63
	P7	46,31	17,16	36,53	Franco argiloso - sandy clay	1,4	47,1	0,38	0,38	5,1	0,81	0,42	45,67
	P8 (0-20)	64,76	20,02	15,22	Franco arenoso - sandy loam	1,3	48,2	4,97	2,88	3,6	2,55	2,18	93,70
	P8 (20-40)	55,65	12,83	31,51	Franco areno-argiloso - sandy clay loam	1,6	38,8	2,34	1,36	3,7	1,30	0,80	66,13
	P9 (0-20)	44,95	31,28	23,77	Franco - loam	0,9	61,4	7,64	4,43	3,5	2,81	2,60	96,92
P9 (20-40)	41,9	16,52	41,48	Argiloso - clay	1,3	47,4	2,08	1,21	4	1,01	0,59	53,45	
A	P10 (0-20)	54,44	22,53	23,03	Franco areno-argiloso - sandy clay loam	1,1	52	11,03	6,4	4,2	2,90	2,77	98,20
F	P11 (0-20)	50,6	23,2	26,2	Franco areno-argiloso - sandy clay loam	1,2	51	9,29	5,58	5	2,53	2,00	90,30

AD = Áreas Degradadas AF = Áreas de Floresta

DS: Densidade Aparente PT: Porosidade Total MO: Matéria Orgânica CO: Carbono Orgânico DMP: Diâmetro Médio Ponderado DMG: Diâmetro Médio Geométrico IEA: Índice de Estabilidade de Agregados