



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PEDRO HÖFIG

**Diagnóstico da erodibilidade do solo na bacia do
ribeirão Cambé, Londrina-PR, a partir dos mapas de
declividade e de solos**

LONDRINA – PR
2012

PEDRO HÖFIG

**Diagnóstico da erodibilidade do solo na bacia do ribeirão Cambé,
Londrina-PR, a partir dos mapas de declividade e de solos**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Geografia do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Pedro Rodolfo Siqueira
Vendrame

Diagnóstico da erodibilidade do solo na bacia do ribeirão Cambé, Londrina-PR, a partir dos mapas de declividade e de solos

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Geografia do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Luciano Nardini Gomes
Universidade Estadual de Londrina

Prof^a. Dr^a. Eloíza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 5 de Dezembro de 2012.

AGRADECIMENTOS

À Julia, à Marina e ao Lucas pela compreensão, amor e alegria;
Aos meus pais pelo incessante apoio, direto e indireto;
Ao Programa de Educação Tutorial (PET) e ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) pela formação complementar;
Aos verdadeiros amigos da Geografia;
Aos parceiros do Futebol de Campo da AAUEL pelos 5 anos de dedicação, lutas, alegria e respeito;
Ao meu orientador pelo trabalho e confiança;
À família Ontiveros pelos lindos momentos juntos em Londrina.

“Man muss schon etwas wissen, um
verbergen zu können, dass man nichts
weiß.”

Marie von Ebner-Eschenbach

HÖFIG, Pedro. **Diagnóstico da erodibilidade do solo na bacia do ribeirão Cambé, Londrina-PR, a partir dos mapas de declividade e de solos**. 2012. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de bacharel em Geografia)- Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

Resumo

Por refletirem seus fatores e processos de formação, os solos são grandes indicadores da variabilidade ambiental e, por conseguinte, são excelentes estratificadores do meio natural. Um mapa de solos pode ser base para tornar inteligível a ação humana na superfície terrestre. O objetivo deste trabalho foi classificar os solos do Estrato Superior da bacia do ribeirão Cambé, Londrina-PR utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2006. Após a caracterização morfológica e respectiva classificação, sugeriu-se usos diferenciados para os loteamentos ainda não construídos, uma vez que os processos erosivos se intensificaram, ocasionando acentuado aporte de sedimentos 4 dos lagos Igapó. Através de estudos de perfis representativos do ambiente estudado e da confecção de uma carta de declividade do Estrato Superior da bacia do ribeirão Cambé, confeccionou-se uma carta de classificação dos solos o que permitiu indicar a suscetibilidade destes solos aos processos erosivos.

PALAVRAS-CHAVE: Classificação de solos- erodibilidade – mapeamento de solos – ribeirão Cambé

HÖFIG, Pedro. **Diagnosis of soil erodibility in the basin of the river Cambé, Londrina-PR, across the slope and soils maps.** 2012. 69 p. Conclusion Work in Undergraduate Geography- Geoscience Department, State University of Londrina, Londrina, 2012.

Abstract

Soils are great indicators of environmental variability as they reflect their factors and formation processes and therefore are excellent to stratify the natural environment. Soil's map can be an intelligible basis for human actions in earth surface. The aim of this study was to classify the soils of the top stratum of river's Cambé basin, located in the city of Londrina-PR, using the Brazilian System of Soil Classification, 2006. After the morphological categorization and classification, it was suggested different uses for areas not yet built, considering the intensification of erosion in those places which caused severe sedimentation of lakes Igapó. Through studies of representative soil profiles and the production of a slope map of the top stratum of river's Cambé basin, a map of soil classification was created, which allowed indications of the susceptibility of soils to erosion.

KEY-WORDS: Soil Classification – Erodibility – Soil mapping – River Cambé

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia do ribeirão Cambé, Londrina-PR.	31
Figura 2 - Classes de declividade no estrato superior da bacia do ribeirão Cambé, com destaque para o estrato superior.....	33
Figura 3- Classes de solo no estrato superior da bacia do ribeirão Cambé.	35
Figura 4 - Cruzamento das ruas João Sanches e João Vicente, próximo ao córrego Baroré, onde a classe de solos inferida é a dos Cambissolos. A imagem permite verificar que quase a totalidade da área apresenta-se construída e asfaltada.....	35
Figura 5- Perfil de LVef analisado.	36
Figura 6 - A paisagem na qual se encontra o perfil estudado mostra um relevo plano e cercado de gramíneas, próximo ao córrego Capivara.	37
Figura 7 - Localizações dos perfis analisados e dos cursos hídricos da área em estudo.	39
Figura 8 - Estrutura encontrada no horizonte Ap, revelando adensamento.....	40
Figura 9 - Estrutura em "pó de café" encontrada no horizonte B-latossólico do perfil estudado.	41
Figura 10 – Perfil de NVef estudado, localizado na avenida Castelo Branco.....	45
Figura 11 - Paisagem no entrono do perfil estudado. Nota-se o depósito de sedimentos.	46
Figura 12 - Cerosidade e Estrutura em blocos angulares e subangulares vista no perfil estudado.....	47
Figura 13- Zona de depósito de sedimentos na rotatória onde se cruzam a avenida Castelo Branco e a avenida Aniceto Espínola. Vale lembrar que esta área possui pontos de inundação.	51
Figura 14- Enquanto a vertente direita espera a ocupação, a vertente esquerda encontra-se quase que totalmente ocupada, como apontado no croqui de uso do solo e na fotografia, tirada sobre a vertente direita.....	52
Figura 15- A coloração da água denuncia a chega de sedimentos no curso d'água após a chuva.....	53
Figura 16 - No lago Igapó 4, nota-se topografia mais suave. A lógica de ocupação, todavia, continua a mesma.....	55
Figura 17 - Assoreamento do lago Igapó 4 é visível.	57

Figura 18 - Calçamento com grama (aproximação de uma calçada ecológica) e muretas perto da margem do lago.	58
Figura 19 - Ocupação em área de risco nas margens do córrego da Mata	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características gerais do Latossolo Vermelho Eutroférico e de sua paisagem.	38
Tabela 2- Caracaterísticas químicas do Latossolo Vermelho Eutroférico	40
Tabela 3- Classes de suscetibilidade à erosão laminar de acordo com a ocupação da terra.	42
Tabela 4 - Atributos físicos do Latossolo Vermelho Eutroférico	43
Tabela 5 - Caracterísitcas químicas do NVef.	47
Tabela 6 - Características gerais do Nitossolo Eutroférico e de sua paisagem.	48
Tabela 7- Características físicas do NVef.	49

SUMÁRIO

1-Introdução.....	12
2- REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 - Formação do solo e seus componentes	14
2.2-Erosão do Solo	20
2.3- Erodibilidade dos Solos.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Caracterização dos solos.....	30
3.2-Materiais de Campo	31
3.3 Instrumentos Metodológicos	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1- Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef).....	36
4.2 - Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVef)	44
4.3- Controle de erosão, medidas preventivas e corretivas	50
5- CONCLUSÃO	61
Referências Bibliográficas.....	65

1-Introdução

A cidade é criada e mantida pelos homens para satisfazer suas necessidades. A humanidade, essencialmente na civilização pós-industrial, perdeu suas referências com o ambiente, colocando-se acima e fora dele, quando, na verdade, trata-se de parte de uma totalidade.

Em linhas gerais, a organização de planos de ocupação do solo, sem levar em consideração a forma do terreno, tem como base o desejo de fazer prevalecer o conhecimento do ser humano, no qual não se considera a idéia de alterar os projetos urbanísticos em virtude de sua realidade geomorfológica e pedológica. O levantamento de solos pode auxiliar na identificação de locais de maior fragilidade ambiental (BOGNOLA et al., 2011).

Um mapa de solos pode ser base para criação de um mapa de áreas de proteção e, assim como proposto por Mossimann (1999), torna-se uma ferramenta para o planejamento, já que formula os principais requisitos para a proteção do solo.

Londrina situa-se no norte do Paraná, entre as coordenadas 23°10'16" S a 23°46'46" S e 50°52'33" O a 51°19'13" O. Encontra-se sobre a Bacia do Paraná, em sedimentação e magmatismo básico e alcalino (MINEROPAR, 2010). O clima caracteriza-se na classificação de Köppen por Cfa, isto é, úmido em todas as estações e verão quente (AYOADE, 2007). A precipitação média anual é de 1.563 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso (205 mm) (BOGNOLA et al. 2011). As classes de solos predominantes são, de acordo com classificação feita por Archela et al. (2010), Latossolo Vermelho eutroférico, distroférico e aluminoférico; Nitossolo Vermelho eutroférico e distroférico; Chernossolos e Cambissolos.

Geomorfologicamente, Londrina situa-se no Planalto de Guarapuava ou Terceiro Planalto, onde se evidencia, ao lado de pequenos espigões que constituem divisores de águas secundários, apenas suaves colinas e platôs (MAACK, 2002).

Considerando que a formação do solo está ligada à ação do ciclo supérgeno sobre o material de origem (TOLEDO et al., 2008), sabe-se que em áreas próximas geograficamente a declividade do terreno é determinante na gênese de diferentes tipos de solos (SILVEIRA et. al, 2006). Com o mesmo material de origem, o mesmo clima, a

mesma ação de organismos e sob o mesmo espaço de tempo, é a pedoforma que indicará o índice de infiltração de água e a conseqüente meteorização da rocha e pedogênese. Silva (2011) descreveu como a declividade pode ser determinante na classificação do solo.

A erodibilidade do solo (susceptibilidade que o solo apresenta aos processos erosivos) depende de vários atributos, entre eles, a sua textura e estrutura. Nunes et al. (2006) verificaram que a susceptibilidade à erosão variou de acordo com as características texturais e o uso do solo.

Outras pesquisas demonstraram que solos com textura arenosa foram menos susceptíveis à erosão hídrica acelerada do que solos com textura argilosa (AVANZI et al., 2009; FERNANDES et al., 2008). Portanto, o uso do solo deve considerar a aptidão das terras (FIORIO et al., 2000). Isto é, uma característica isolada não revela a susceptibilidade do solo à erosão: é necessário relacionar os diversos fatores ligados à erosão e os diferentes atributos do próprio solo.

A partir do Sistema de Capacidade de Uso e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Fernandes et al. (2008) levantaram dados geomorfológicos da área de estudo e informações físicas, químicas e morfológicas dos solos, e classificaram as terras no norte de Minas Gerais quanto ao seu uso potencial.

Avanzi et al. (2009) fizeram uma previsão da perda de solo em uma bacia hidrográfica no estado do Espírito Santo utilizando dados da Equação Universal de Perda de Solo e integrando em um SIG. Concluíram que o levantamento das classes de solos, do uso do solo e a elaboração de uma carta de declividade foram essenciais para o trabalho.

Os recursos de geoprocessamento são importantes ferramentas de diagnóstico para o planejamento ambiental, simulando e analisando diversos cenários com agilidade, transformando uma base de dados heterogênea em informação relevante (FUJIHARA, 2002).

Pretende-se, portanto, através de estudos de 2 perfis pedológicos abertos em pontos estratégicos e da confecção de uma carta de declividade do Estrato Superior da bacia do ribeirão Cambé, criar uma carta de classificação de solos e estimar a susceptibilidade de suas terras à erosão. Os solos da área foram caracterizados e relacionados com a susceptibilidade à erosão, resguardada a influência dos demais fatores

e considerando a realidade geomorfológica da área de estudo. Contudo, como suporte, foi realizado um levantamento bibliográfico relacionado à formação do solo e considerações sobre erosão. Posteriormente, explica-se mais detalhadamente a relação entre erosão e solo, uma vez que acredita-se que, conforme sugerido por Salomão (2009), este é o principal fator natural determinante no índice de erosão.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Formação do solo e seus componentes

Para o entendimento das relações do solo com as paisagens, é importante lembrar que os solos resultam da ação combinada dos seus fatores de formação, isto é, do material de origem (geologia), do clima, do relevo, da ação dos organismos e do tempo. Trata-se, portanto, da ação do ciclo supérgeno sobre a rocha.

Observando-se cortes verticais de solos nas paisagens, por exemplo, em barrancos de estrada, estes exibem horizontes pedogenéticos e/ou camadas que se diferenciam entre si e em relação ao material de origem (rochas ou sedimentos). Essa diferenciação é função dos processos de formação, isto é, de adições, perdas, translocações e transformações de matéria e energia no perfil de solo (SANTOS et al., 2006).

Por refletirem seus fatores e processos de formação, os solos são grandes indicadores da variabilidade ambiental e, por conseguinte, são excelentes estratificadores do meio natural. Cumpre salientar que, entre os fatores de formação do solo, o clima, em geral, é o fator de maior peso na evolução dos mesmos, pois é decisivo na velocidade e natureza do intemperismo das rochas (PALMIERE & LARACH, 2009). Porém, à medida que a umidade vai ficando escassa, o clima vai perdendo gradativamente importância (menor ação do intemperismo químico) e a geologia (litologia) passa a assumir, cada vez mais, destaque no conjunto de características e propriedades dos solos (ARAÚJO FILHO, 2011).

A definição de solo varia de acordo com a especialidade, formação, utilidade e ponto de vista com que tal recurso é analisado. Multiplicidades de características surgem em função da abordagem utilizada. Contudo, para o pedólogo, o solo é a

coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é oriundo da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, na qual a transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (FONSECA, 2009). Desta forma, solos comportam-se como sistemas abertos, na medida em que ganham e perdem matéria e energia, ajustando-se à variação dos fluxos de massa e energia, gradientes termodinâmicos e outras condições ambientais exógenas (GUERRA & MENDONÇA, 2010). De acordo com Espindola (2009), o pedólogo pode provir de diferentes formações, ligado às ciências agrárias, à geografia, à geologia, à biologia etc., requerendo usualmente uma especialização ou formação adicional, para adquirir conhecimentos adequados, principalmente para trabalhos de campo.

Após o material originário do solo ser produzido e/ou depositado processa-se a diferenciação de camadas e/ou zonas mais ou menos paralelas à superfície. Ambas representam a expressão dos processos e dos mecanismos de formação do solo e são denominados horizontes, os quais são diferenciados entre si. Já os perfis compreendem os horizontes pedogenéticos identificados, contidos numa seção vertical, desde a superfície do terreno até uma profundidade de 2 metros, ou até o aparecimento de rocha em fase inicial de decomposição ou o surgimento de horizonte diagnóstico (PALMIERI & LARACH, 2009). O começo da formação de solo é geralmente marcado pelo aparecimento de um horizonte restrito A, que cresce à custa do horizonte C.

O material geológico do qual o solo se origina é um fator de resistência à formação do mesmo, sendo passivo em relação ao clima e aos organismos e determinante na característica do futuro solo. Dentre os principais materiais de origem destacam-se os derivados de rochas claras (ácidas, ígneas ou metamórficas), derivados de rochas ígneas escuras (ou básicas), derivados de sedimentos consolidados (como o arenito) e sedimentos inconsolidados (como aluviões) (RANZANI, 1969). A composição e as propriedades da rocha-fonte podem ter uma influência geral na qual o intemperismo e a formação do solo ocorrem.

A formação do solo depende da quantidade de água que escoar na superfície, não contribuindo para o seu desenvolvimento, e a água que se infiltra no terreno, acelerando a formação do solo através de reações físico-químicas. Sendo assim, as paisagens e os perfis de solos são um retrato de como os fluxos internos e externos se dissipam ao longo do tempo, tendo o relevo um papel importante, uma vez que esta influi

diretamente no clima (e indiretamente na ação dos organismos), na taxa de infiltração de água, na irradiação solar e na erosão (GUERRA & MENDONÇA, 2010). Fonseca (2009) aponta que a quantidade e a intensidade de chuva, radiação solar, temperatura, umidade, declividade do terreno, comunidades de plantas que nele se desenvolvem afetam a natureza do solo em cada local. Nota-se, portanto, que, para a pedogênese, o balanço hídrico é mais valioso que o regime pluviométrico.

O fator relevo promove no solo diferenças que podem ocorrer a distâncias relativamente pequenas. Influencia a dinâmica da água, da erosão, os microclimas e, por conseguinte, na temperatura do solo e velocidade da meteorização. Exemplificando, os solos formados em declives muito íngremes podem apresentar, localmente, condições de clima semi-árido, mesmo que estejam em regiões úmidas (PALMIERI & LARACH, 2009). A declividade regula a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais (que também depende da cobertura vegetal) e, portanto, controla a quantidade de água que se infiltra nos perfis. Boa infiltração e boa drenagem favorecem o intemperismo químico ao passo que boa infiltração e má drenagem o desfavorecem; má infiltração e má drenagem favorecem a erosão (TOLEDO et al., 2008).

A composição química do material de origem é um fator importante na formação dos solos, mas não é isoladamente o principal. Materiais diferentes podem formar solos similares quando sujeitos, por um longo período, ao mesmo ambiente climático e materiais semelhantes podem originar solos distintos se sujeitos a climas diferentes, já que a precipitação e a temperatura regulam a natureza e a velocidade das reações químicas. Quanto mais quente e úmido for o clima, mais rápidas serão as reações químicas, tornando o solo espesso e com abundância de minerais secundários (destaque para os argilominerais 1:1 e óxi-hidroxidos de ferro e alumínio) e pobres em cátions básicos. No entanto, normalmente, solos desenvolvidos de rochas ricas em minerais ferromagnesianos como basalto e diabásio são férteis quimicamente, em virtude da maior oferta deste cátions no material de origem. Quando a rocha é um arenito ou um quartzito, os solos, de maneira geral, são de baixa fertilidade química, consequência da pobreza em cátions básicos do material de origem (MEURER, 2004).

O material de origem influi também na cor do solo, que reflete, de certo modo, a quantidade de óxidos de ferro, matéria orgânica e a classe de drenagem. A rocha mãe também tem relação com a textura, o que refere-se à proporção das frações

granulométricas de areia (2 a 0,05 mm), silte (0,05 a 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) (CORREIA et al., 2004).

Os organismos que vivem no solo são também de fundamental importância para sua formação. Alguns, sozinhos ou em simbiose com as raízes, retiram o gás nitrogênio do ar, transformando-o em compostos (nitratos e amônia) que somente nesta forma podem ser aproveitados pelas plantas; os vegetais superiores só conseguem utilizar o nitrogênio se transformado em amônia e nitratos. Ademais, quando as folhas das árvores caem no solo, os microorganismos as decompõem e restituem à superfície do terreno os elementos retirados das camadas mais profundas (MEURER, 2004).

Em relação ao tempo, a sua maior influência está ligada com a espessura do solo, tendo em vista que solos jovens são normalmente menos espessos que os velhos. O início do novo ciclo de formação é o momento em que os últimos sedimentos se depositam pela inundação do rio, ou na ocasião em que a lava do vulcão solidificou-se, ou ainda quando a rocha ou saprolito da montanha foi exposta pela erosão. Com a rocha exposta, inicia-se o intemperismo e, posteriormente, outros processos, como a formação e translocação de argila, a remoção de sais minerais e adições de húmus. O período necessário para que um solo passe do estágio de jovem para maduro varia com o tipo de material de origem, condições de clima e grau de erosão. Por exemplo, se os materiais de origem derivam-se de rochas básicas, sob clima quente e úmido e a erosão é mínima, atinge rapidamente a maturidade (LEPSCH, 2002).

Cada solo possui uma combinação de características que lhe torna único. A distribuição dos horizontes é governada por duas fases distintas, como aponta Palmieri e Larach 2009:

- a) produção e acumulação do material originário;
- b) diferenciação dos horizontes que ocorre através da transformação do material inicial em horizontes através da ação de fenômenos bio-químico-físicos agindo em conjunto ou isoladamente na evolução das características pedogenéticas dos horizontes de um perfil do solo.

A diferenciação dos horizontes é caracterizada pela intensidade e evidências de características formadas pelo mecanismo de formação do solo, como adições, perdas, transformações e translocações.

Os processos de formação do solo, de acordo com Resende et al. (2007) e Ker et al. (2012), consistem em um conjunto de eventos que diretamente afetam e expressam seus efeitos, através de características dos horizontes:

- a) latolização: domina a perda de sílica e de bases do solum e enriquecimento relativo de oxidróxidos de ferro e hidróxido de alumínio;
- b) podzolização: domina a translocação de matéria orgânica e/ou óxidos de ferro e alumínio do horizonte A para o horizonte B;
- c) calcificação: domina a translocação e acumulação de carbonato de cálcio de um horizonte para o outro;
- d) salinização: consiste na translocação e acumulação de sais solúveis de cloretos e sulfatos de cálcio, magnésio, sódio e potássio de um horizonte para o outro;
- e) gleização: domina a redução de ferro sob condições de excesso de água.

Ressalta-se que em condições tropicais predominam os processos de latolização e podzolização.

Entremeando-se aos materiais sólidos do solo (minerais e matérias orgânica), encontram-se a água e o ar que ocupam o espaço poroso, sendo os poros, de acordo com Castro (2009), considerados volumes sem matéria sólida por onde circulam a água, os gases e os organismos. Suas proporções podem ter grandes variações em espaço de tempo relativamente pequeno, isto é, o conteúdo de ar e água dos poros é variável. Uma boa condição para as plantas é quando o ar e a água ocupam volumes iguais aos dos poros do solo.

Os macroporos (>0,05 mm de diâmetro) são responsáveis pela aeração do solo, podendo estar ocupado, ainda, por água, matéria orgânica e raízes de plantas; os microporos (< 0,05 mm de diâmetro) são responsáveis pela retenção de água no solo. Solos argilosos apresentam grande microporosidade em comparação com os de textura média (CORREIA et al., 2004).

Em relação à matéria orgânica do solo, esta é proveniente da adição de restos de origem vegetal ou animal. Estes restos orgânicos decompondo-se transformam-se no húmus que, por processos de mineralização, libera alguns elementos minerais. Em condições de temperatura elevada e de boa aeração, a matéria orgânica original se mineraliza relativamente depressa, liberando rapidamente nutrientes para as plantas. O húmus possui capacidade de adsorver e dessorver nutrientes com mais habilidade do

que as argilas. Ademais, certas substâncias provenientes da decomposição dos restos orgânicos servem de “cimento” na formação dos agregados, melhorando suas características físicas, como a permeabilidade, porosidade e retenção da água (MEURER, 2004).

Nota-se, com isso, que argilominerais e matéria orgânica são materiais primariamente responsáveis pela adsorção de cátions nos ambientes naturais da superfície, o que torna os solos menos vulneráveis aos processos erosivos, por possuir mais cargas (FONSECA, 2009).

Ao tratarmos de água do solo, deve-se destacar três estados de umidade: molhado, úmido e seco. Quando molhado, o solo tem todos seus poros preenchidos com água e o ar está praticamente ausente. Naturalmente, essa água (água gravitativa) drena para baixo ou para os lados. Após a ação do componente perpendicular, o solo torna-se úmido, isto é, contém ar nos macroporos (maiores que 0,05mm de diâmetro) e água nos microporos (menores que 0,05mm). Tal líquido retido denomina-se água capilar, em virtude de manter-se contra a força da gravidade. Se preciso, as raízes conseguem extraí-la, o que faz com essa água seja chamada também de água disponível. Em contrapartida, com o solo seco, ainda que exista água nos microporos, ela não está disponível. Contudo, é fundamental entender que os solos têm capacidades distintas de armazenar água disponível (LEPSCH, 2002). Com a evapotranspiração, a água retorna à atmosfera, seguindo um dos caminhos do ciclo hidrológico (BOTELHO & SILVA, 2010). A água remanescente se infiltra através do regolito e se acumula formando o lençol freático, que eflue em forma de mina d'água, ou dá origem à aquíferos (TAGIMA & TERABE, 2005). Esta água, chamada de água de fluxo de base, entra nos cursos d'água de forma contínua, e pode ser proveniente de várias fontes, sendo responsável pela vazão nos períodos de estiagem (ARAÚJO et al., 2002). A intensa impermeabilização do solo pode desperenizar cursos d'água, devido à redução do abastecimento do lençol freático.

No que se refere ao ar do solo – e é importante ressaltar que, na medida que o volume de água aumenta, o volume de ar decresce -, a atividade da maioria dos microrganismos úteis ao solo é regulada diretamente pelas condições de aeração: na presença abundante de ar, os microrganismos participam ativamente nas transformações da matéria orgânica, como na mineralização, liberando nutrientes para as plantas.

Quando as terras estão permanentemente encharcadas, a decomposição pode ser tão lenta que os vegetais se acumulam em espessas camadas.

Dentre as principais características morfológicas do solo – valiosas para o manejo –, destacam-se a cor, a textura, a estrutura, a porosidade e a permeabilidade. A cor, fruto do material de origem alterado e da presença, maior ou menor, de matéria orgânica, água e óxidos de ferro, serve como guia para avaliação de outras avaliações que influem no manejo do solo. A textura é a distribuição das classes de tamanho de partículas que compõe o solo. A estrutura é a forma como se arranjam as partículas elementares do solo. A porosidade refere-se à proporção de espaços ocupados pelos líquidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa de solo. Finalmente, a permeabilidade é a capacidade que tem o solo de deixar passar água e ar através do seu perfil (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

Diante de tais considerações, é imprescindível compreender que o solo é um sistema aberto - já que existe a troca de energia e de matéria dos diferentes componentes- em equilíbrio dinâmico, uma vez que qualquer intervenção em um ponto do sistema interfere em outro. Clima, organismos, relevo, material de origem e o tempo atuam juntos, configurando os processos formadores do solo.

2.2-Erosão do Solo

“A erosão é o conjunto de processos que desagregam e transportam solo e rochas morro abaixo ou na direção do vento” (PRESS et al., 2006, p. 172).

A erosão e a consequente sedimentação possuem raízes em um passado distante. Seus processos são regionalmente interdependentes, tendo em vista que são estabelecidos pela introdução de novas culturas, novos métodos de cultivo e novos manejos do solo.

Bertoni e Lombardi Neto (2010) descrevem problemas relacionados à erosão enfrentados pelos babilônios na Mesopotâmia. Nas planícies da Síria e Arábia, assírios, persas, gregos e romanos conviveram com o fenômeno erosivo. Na Palestina, os hebreus já utilizavam técnicas de controle, bem como na Itália, no período do Império Romano, no Peru, com os incas e, mais recentemente, nas colônias alemãs localizadas

na Pensilvânia (Estados Unidos da América). No geral, os povos usufruíam da terra até que fossem destruídas pela erosão e sedimentação e migravam para outro lugar.

A erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal, e também à ação antrópica (GUERRA & MENDONÇA, 2010). Nota-se que a erosão dos solos é um processo normal no desenvolvimento das paisagens.

No que tange às ações da natureza, deve ser citada a chuva como principal causadora da erosão. Ao atingir o solo, essencialmente em grande quantidade, gera deslizamentos, infiltrações e mudanças na consistência do terreno. Com isso, provoca o deslocamento de terra. O vento e a mudança de temperatura também são causadores de erosão. Esta ao fragmentar a matéria, ao passo que aquele atua no transporte. A ação do vento (nuvens de areia) e animais é ação contribuinte e localmente pode assumir função dominante (FONSECA, 2009).

Referendando Mafra (2009), a erosão depende das relações existentes entre a capacidade erosiva da chuva e os fluxos de superfície e subsuperfície, assim como da erodibilidade dos solos. Dados de chuvas em valores totais ou médias pouco significam em relação à erosão.

O primeiro passo para a erosão é, portanto, o impacto direto das gotas de chuva, o que provoca forte desagregação das partículas de solo desprovido de vegetação; a desagregação da argila gera o entupimento dos poros. Se a superfície do solo está revestida com mata, a copa das árvores absorve a maior parte da energia cinética das gotas das chuvas e o manto de folhas sobre o solo amortece o restante do impacto, advindo do segundo trajeto, das copas até a superfície do terreno. Este processo é a interceptação, que diminui o impacto das gotas da chuva sobre o solo ou até o evita, com a evaporação acontecendo antes do vento movimentar as folhas e fazer com que a água continue seu trajeto (KARMANN, 2008).

Bertoni e Lombardi Neto (2010) consideram que a queda de uma gota de chuva é mais importante no processo de erosão do solo do que seu simples fornecimento para formar a enxurrada.

“As gotas de chuva começam a bater no solo e provocar ruptura de agregados [que preenchem os poros], através da ação do *splash* [salpicamento], até causar a

selagem do solo [formação de crostas], dificultando a infiltração, promovendo o escoamento difuso, que se concentra, formando ravinas e voçorocas” (GUERRA, 2009, p. 18). Quanto maior a energia cinética de uma chuva, maior será a probabilidade em causar rupturas dos agregados e à medida que o teor de matéria orgânica diminui, aumenta a instabilidade dos agregados. A matéria orgânica reduz a formação de crostas e, como aponta Salomão (2009), a ação erosiva da chuva varia de acordo com sua intensidade e distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço.

O ser humano pode ser um importante agente provocador das erosões, por exemplo, ao retirar a cobertura vegetal de um solo. Este perde sua consistência, já que a água, que antes era absorvida pelas raízes das árvores e plantas, passa fluir superficialmente (BOTELHO & SILVA, 2010). A cobertura vegetal, ademais, tem papel de dispersão de energia dos ventos, devido sua rugosidade. O solo nu perde em permeabilidade, favorecendo a formação de poças e fragilizando a área. De acordo com Karmann (2008), a vegetação cobre o solo como um manto protetor, o que faz com que sua remoção seja normalmente muito lenta e, portanto, compensada pelos contínuos processos de formação. Em condições naturais, o ciclo do desgaste erosivo é equilibrado pela renovação. A erosão do solo é mais efetiva onde a água de precipitação não pode ser infiltrada. A água realiza uma trajetória relativamente rápida e é capaz de carrear materiais do solo por meio da força hidráulica de seu fluxo, mesmo sob gradientes moderados. Quanto maior a velocidade de infiltração, menor a intensidade da enxurrada na superfície.

Desta forma, percebe-se que apenas possuir um solo argiloso não significa menor chance de erosão, o que é praticamente um consenso popular. Contudo, é de grande importância frisar que os atributos do solo não são unicamente decisivos na incidência de processos erosivos, tendo em vista que devemos considerar o clima, a morfologia, os seres vivos, entre outros fatores. De acordo com Guerra e Mendonça (2010), está cada vez mais aceito pelos acadêmicos que os problemas ambientais não podem ser compreendidos isoladamente. No estudo dos processos erosivos não é diferente: os fatores que influem na erosão são a chuva, o solo, a topografia do terreno e a cobertura vegetal.

O relevo, além de influenciar diretamente na gênese do solo, interfere na velocidade e dispersão das enxurradas e, por conseguinte, no maior ou menor

arrastamento superficial. Quanto maior o comprimento da rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz em erosão.

A chuva tem na sua intensidade o fator pluviométrico mais importante na erosão. O solo tem influência na capacidade de infiltração desta água, impedindo o escoamento superficial, e nas suas características físicas, químicas e biológicas que fazem com que os agregados permaneçam estáveis em água ou não. A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, protegendo o impacto das gotas, dispersando a água, estruturando o solo, aumentando sua permeabilidade pelas raízes e diminuindo a velocidade do escoamento pelo aumento do atrito.

O escoamento superficial (e pluvial) começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração. Os minúsculos filetes de água que então se formam, devido às asperezas da superfície e a existência da cobertura vegetal, são incessantemente freados e desviados de seu curso, mas vão se engrossando à medida que descem a encosta, e quando se concentram formam as enxurradas. Neste caso, trata-se de escoamento concentrado, possuindo maior competência erosiva e fixando o leito, deixando marcas sensíveis na superfície topográfica. Naturalmente, o escoamento concentrado é característico das vertentes desnudas. Em caso de escoamento pluvial difuso, as águas escorrem sem hierarquia e fixação dos leitos, anastomosando-se constantemente (CHRISTOFOLETTI, 1980). Esta água que atinge os cursos d'água em resposta aos eventos individuais de precipitação é chamada de água de fluxo direto (ARAÚJO et al., 2002).

O processo erosivo pode ser prevenido ou controlado. Hoje, tem-se como grandes aliadas as ferramentas e técnicas de geoprocessamento. Como apontado, por Guerra e Botelho (2006), através de conhecimentos que englobam mapeamento de classes de solos, riscos de erosão e uso potencial, pode-se fundamentar uma inteligível ação humana na superfície terrestre, assim, na conservação do solo. Os mapas produzidos são ferramentas de tomada de decisão quanto ao uso do solo e sua suscetibilidade à erosão.

Sinteticamente, as técnicas de prevenção de erosão devem estar pautadas em aumentar a extensão e duração da cobertura vegetal do solo, melhorar a estrutura e drenagem interna do solo e controlar o escoamento superficial.

Desta forma, nota-se que é imprescindível, no combate à erosão, melhorar as condições de infiltração de água no solo, isto é, do componente perpendicular. É necessário adotar práticas conservacionistas que melhorem a taxa de infiltração. Estas práticas visam a manutenção da água o maior tempo possível na encosta, permitindo que o solo tenha tempo para absorvê-la. Do ponto de vista geomorfológico e hidrológico, o valor do componente perpendicular é propiciar maior permanência da água na bacia hidrográfica. A infiltração permite que o ciclo hidrológico se complete, com a água sendo de fluxo de base. A retirada da cobertura vegetal impede que a chuva sirva de suprimento para os vegetais, abasteça o lençol freático, recarregue os aquíferos e abasteça os cursos d'água, levando um tempo maior para atingi-los, se comparado à água que escoar superficialmente, ainda mais se fluindo sobre superfícies pavimentadas, ganhando maior velocidade e potencial erosivo (BOTELHO & SILVA, 2010).

Guerra e Mendonça (2010) pontuam que os processos erosivos causam prejuízos ao meio ambiente e à sociedade tanto no local onde os processos ocorrem (*onsite*) quanto em áreas próximas ou afastadas (*offsite*). Os efeitos *onsite* incluem a diminuição da fertilidade dos solos, afetando o crescimento das plantas, bem como a diminuição da capacidade de retenção (capacidade de campo) de água nos solos. Já os efeitos *offsite* referem-se ao escoamento de água e sedimentos, causando mudanças negativas no meio ambiente, bem como danos relacionados a enchentes, assoreamento de rios, lagos e reservatórios, contaminação de corpos líquidos.

Diante destes problemas oriundos dos processos erosivos acelerados pela ação antrópica, ressalta-se o papel da cobertura vegetal, que apresenta uma importante função na estabilização das vertentes, contribuindo para a intensificação do componente perpendicular e conseqüente pedogenização, ao mesmo tempo em que atenua ação do componente paralelo, restringindo a participação da morfogênese.

Como já discutido, a quantidade e a distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e a forma das encostas e o tipo de cobertura vegetal são também fatores intimamente ligados com a erosão. Todavia, o presente trabalho dará ênfase maior ao fator solo, baseando-se nas caracterizações realizadas.

2.3- Erodibilidade dos Solos

O solo, juntamente da luz solar, o ar e a água, é uma das quatro condições básicas da vida na Terra (LEPSCH, 2002). O sucesso da atividade agrícola permitiu o acúmulo de alimentos momentaneamente excedentes, a fixação das populações, o incremento do comércio e o início da divisão social do trabalho, gerando uma considerável alteração estrutural na sociedade.

O solo constitui o principal fator natural relacionado à erosão, sendo mais ou menos suscetível à erosão de acordo com a relação de suas características físicas e químicas. Guerra e Mendonça (2010) exemplificam a cidade de Sorriso (MT), que, por apresentar um relevo plano e por se tratar de Latossolos, características relacionadas a áreas de baixíssima predisposição à erosão, poderia ser considerada uma área de pouca incidência de voçorocas. Todavia, devido à sua textura arenosa, possui solos de acentuada erodibilidade. Mesmo assim, como supramencionado, outros fatores, como os climáticos, o tipo de vegetação, a formação geológica e o próprio uso e ocupação do solo devem ser analisados.

Para fins de erodibilidade do solo, destacam-se o teor de carbono orgânico (agregados estáveis e maior resistência a desagregação sob impactos da chuva) e pH (solos ácidos apresentam maior erodibilidade), que interferem diretamente nos atributos físicos do solo, como o teor e estabilidade dos agregados, porosidade e densidade aparente (GUERRA & BOTELHO, 1996).

As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são as que afetam a velocidade de infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água, além das propriedades que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transportes da chuva e enxurrada. Ressalta-se, ainda, que a diferença de erosão por diferentes sistemas de manejos para o mesmo solo é muito maior que a diferença de erosão de diferentes solos com o mesmo manejo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

Sendo assim, as características do solo são propriedades dinâmicas que podem ser alteradas a todo tempo e sob diferentes usos e manejos da terra. Consequentemente, sua erodibilidade também muda ao longo do tempo (VITTE & MELLO, 2007).

Portanto, é importante, ao se reconhecer e estratificar os solos de uma pequena bacia de drenagem, avaliar sua profundidade, declividade, pedoforma, variação vertical da textura, porosidade e eventual presença de camadas impermeáveis. Estes atributos, uma vez identificados e avaliados, podem subsidiar uma previsão de suscetibilidade à erosão. Não se pode prever sempre, para todas as classes de solo, a retenção de água somente a partir da textura. Isso se dá porque, além da textura, outros atributos interferem no fluxo e na retenção de água no solo. De fato, pouco pode-se dizer a respeito do comportamento de um solo que tenha, por exemplo, 50% de argila, exceto que ele é argiloso (RESENDE, et al. 2007).

É sabido que para se ter um completo entendimento do solo e de seus processos erosivos é necessário o envolvimento de análises laboratoriais mais complexas. Contudo, ainda que os números sejam importantes, o tato e a visão podem ser importantes auxiliares. Trata-se da análise da morfologia do solo, isto é, o estudo de sua aparência no meio ambiente natural, descrição dessa aparência segundo as características visíveis a olho nu (cor, textura, estrutura, consistência e espessura dos horizontes) (LEPSCH, 2002). Sendo assim, trata-se de uma base fundamental para a identificação do solo em campo.

Segundo Silva (2009), solos mais escuros tendem a ser menos suscetíveis à erosão, em função da maior presença de matéria orgânica, que confere maior estabilidade aos agregados do solo. Quando o solo apresenta cores amareladas ou brunadas as correlações são mais amplas e dizem respeito ao teor de umidade do solo e o desenvolvimento da vegetação. A pouca umidade inibe o crescimento da cobertura vegetal, aumentando, assim, o risco à erosão e também a movimentos de massa. As vertentes que recebem maior insolação apresentam menos umidade, possuem solos mais claros, mais rasos e vegetação de menor porte e mais espaçada, e maior incidência de processos erosivos e movimentos de massa do que as vertentes mais protegidas da insolação

Em campo também se pode observar a estrutura do solo, isto é, o resultado da agregação das partículas do solo (areia, silte, argila e matéria orgânica), originando formas definidas. “Em geral, solos arenosos são mais permeáveis que solos argilosos, por serem mais porosos. Em alguns casos, dependendo da estruturação, solos argilosos

podem-se apresentar altamente porosos e até mais permeáveis que certos solos arenosos” (SALOMÃO, 2009, p. 234).

Segundo Lepsch (2002), a aderência das partículas unitárias é provocada por substâncias que têm a propriedade de ligá-las umas às outras. Entre as principais, estão certos produtos orgânicos advindos da decomposição de restos vegetais (húmus) e substâncias minerais (óxidos de ferro) e as próprias argilas. Depois que as partículas são aglutinadas por esses agentes, o umedecimento e ressecamento alternados ora causam expansão ora causam contração, encolhimento da massa do solo, o que provoca rachaduras e aglomerados de partículas, os quais terminam por formar sinais dos agregados do solo. No geral, podemos dividir as estruturas em fragmentares e contínuas.

As estruturas fragmentares são produzidas devido a alguns mecanismos: a floculação dos constituintes, devido à presença de matéria orgânica e cátions; a acumulação dos constituintes, devido à presença de matéria orgânica, atividade biológica, argila, ferro, calcário e sílica; e fissuração ou quebra dos domínios floculados ou cimentados, devido às variações de volume relacionadas às oscilações no teor de umidade e presença de argila expansíveis (SILVA, 2009).

Estes agregados (fragmentares) são subdivididos em arredondado, laminar ou angular, de acordo com sua forma, ainda segundo Silva (2009):

- a) a presença de estruturas arredondadas significa um meio poroso onde a água, o ar e a vida animal e vegetal circulam livremente. Esses agregados são estáveis em água, indicando boa resistência à erosão.
- b) já os agregados laminares apresentam forte impedimento à circulação vertical de água, pois a disposição lateral das partículas do solo cria descontinuidades na circulação da água, ar e vida vegetal e animal.
- c) os agregados angulosos são mais compactos, de tal forma que restringe a atividade biológica. A água e o ar circulam entre as fissuras existentes. Entretanto, em períodos úmidos, diante da expansão dos minerais de argila, essas fissuras se fecham, impedindo a circulação vertical. Assim, é normal o aparecimento de sinais erosivos, ainda mais se o horizonte superficial for arenoso, facilitando a penetração da água.

No que tange às estruturas contínuas, em função da ausência ou da pouca quantidade de elementos agregadores, apresentam elevados riscos à erosão. É subdivida

em particular ou maciça. Nesta os grãos são soltos, ao passo que naquela encontra-se partículas cimentadas sem formar agregados, normalmente encontradas em horizonte glei (SILVA, 2009).

A estrutura do solo é um atributo fundamental porque faz com que ele seja um meio poroso ou não. Conseqüentemente, um grande número de propriedades físicas e processos biológicos e químicos são afetados pelos agregados do solo, como, por exemplo, facilidade de penetração das raízes e grau de aeração.

Assim, a estrutura influi na taxa de infiltração e absorção da água de chuva, bem como a textura, isto é, o tamanho das partículas. No tato distingui, sem precisão exata, a textura do solo: solos arenosos apresentam aspereza, ao passo que os siltosos são sedosos e, os solos argilosos, pegajosos.

O domínio das frações areia fina e silte favorece uma maior erodibilidade, enquanto elevados percentuais de areia grossa permitem uma maior permeabilidade e portanto menor erodibilidade. Em geral, os solos que apresentam percentuais elevados de argila possuem uma boa coesão e uma apreciável estabilidade estrutural, ainda que existam diferenças no que diz respeito a essas propriedades para argilas de estrutura 1:1 e 2:1 (MAFRA, 2009). Ressalta-se, aqui, o papel da mineralogia da argila no processo erosivo. Já a areia fina e o silte são as frações granulométricas mais fáceis de serem erodidas, já que não possuem peso e nem coesão (GUERRA & BOTELHO, 1996).

De acordo com Correia et al. (2008), alguns solos podem apresentar significativo aumento nos teores de argila no horizonte B quando comparados ao horizonte A. Esses solos apresentam grande suscetibilidade à erosão, uma vez que ocorre infiltração rápida da água no horizonte A e lenta no horizonte B. Meurer (2004) aponta que a retenção de água em solos argilosos, pela maior área superficial de suas partículas, pode ser de 30% de seu volume.

A consistência – resistência do material do solo quanto a deformação e ruptura (MEURER, 2004) - dos agregados também deve ser medida, pois, se baixa, os agregados se rompem facilmente, podendo formar crostas na superfície do solo, dificultando o componente perpendicular e aumentando a ação do componente paralelo. Em campo, deve-se esboroar o agregado entre os dedos polegar e indicador. Com o material seco, mede-se a dureza (solta até extremamente dura); se o material estiver úmido, classifica-se a friabilidade (solta até extremamente firme); com amostras

pulverizadas com conteúdo de água ligeiramente acima da capacidade de campo encontra-se a plasticidade (não plástica até muito plástica) e pegajosidade (não pegajosa e muito pegajosa) (SANTOS et al., 2005).

Para constatação do grau de suscetibilidade de erosão do solo, necessita-se de análises laboratoriais.

A porosidade, que exige análise mais específica e trabalhada, remete-se aos volumes do solo ocupados pelo ar e pela água, inversamente proporcional a densidade aparente. Ela é responsável pela retenção de mais ou menos água no solo: uma porosidade eficiente permite maior quantidade de água infiltrando a grandes profundidades, propiciando uma reserva para as nascentes e para os vegetais.

Karmann (2008) pontua que o principal fator que determina a disponibilidade de água subterrânea não é a quantidade de água que os materiais armazenam, mas a sua capacidade em permitir o fluxo de água através dos poros. Esta propriedade dos materiais conduzirem água é chamada de permeabilidade, que depende do tamanho dos poros e da conexão entre eles. A argila (especialmente 2:1), por exemplo, é pouco permeável, pois os poros são muito pequenos e água fica presa por adsorção.

A densidade do solo, relação entre o peso das partículas do solo e o volume total do solo seco, é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Por efeito de compactação do solo, observa-se um aumento da densidade aparente, como resultado da diminuição dos macroporos; em função disso, o solo torna-se erodível, pois são estes os poros responsáveis pela infiltração da água (MEURER, 2004). A densidade real, mais ligada a gênese do solo, é relação entre as partículas do solo seco. Solos com minerais pesados não menos erodíveis (GUERRA & BOTELHO, 1996).

A estabilidade dos agregados age diretamente sobre a erodibilidade dos solos, uma vez que quanto maior a estabilidade à ação da água, menor sua erodibilidade (GUERRA & BOTELHO, 1996). Destaca-se a dificuldade de se mensurar a estabilidade dos agregados, pois trata-se do resultado de diversas características físicas e químicas do solo. Há, contudo, um acordo geral que a fração argila é um fator positivo de estabilidade do solo, já que é um agente que liga as partículas grosseiras. Além disso, quanto maior o grau de flocculação da argila, maior sua resistência à erosão.

A espessura é outra característica importante do solo com relação ao comportamento erosivo: solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas (SALOMÃO, 2009).

Portanto, percebe-se que, para efeito de erodibilidade dos solos, as suas características físicas e químicas devem ser analisadas de forma relacionada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos solos

O estudo foi realizado no estrato superior da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé (figura 1), seguindo a estratificação de Tagima e Terabe (2005). Foram caracterizados os solos da área relacionando-os com a susceptibilidade à erosão, resguardada a influência dos demais fatores. Como suporte para as discussões dos resultados obtidos, foi realizado um levantamento bibliográfico relacionado à formação do solo e também sobre erosão e erodibilidade dos solos.

O ribeirão Cambé nasce em um platô de 600m de altitude ($23^{\circ} 17' 06,5''S - 51^{\circ}14'06,5''W$), no trevo das estradas Londrina/Cambé – São Paulo/Curitiba, em um percurso de 21,5km e de relevo homogêneo, até desaguar no ribeirão Três Bocas. O estrato superior possui extensão de 11 quilômetros e a área é de aproximadamente 3.900 hectares. O estrato médio se inicia na altura do Parque Arthur Thomas.

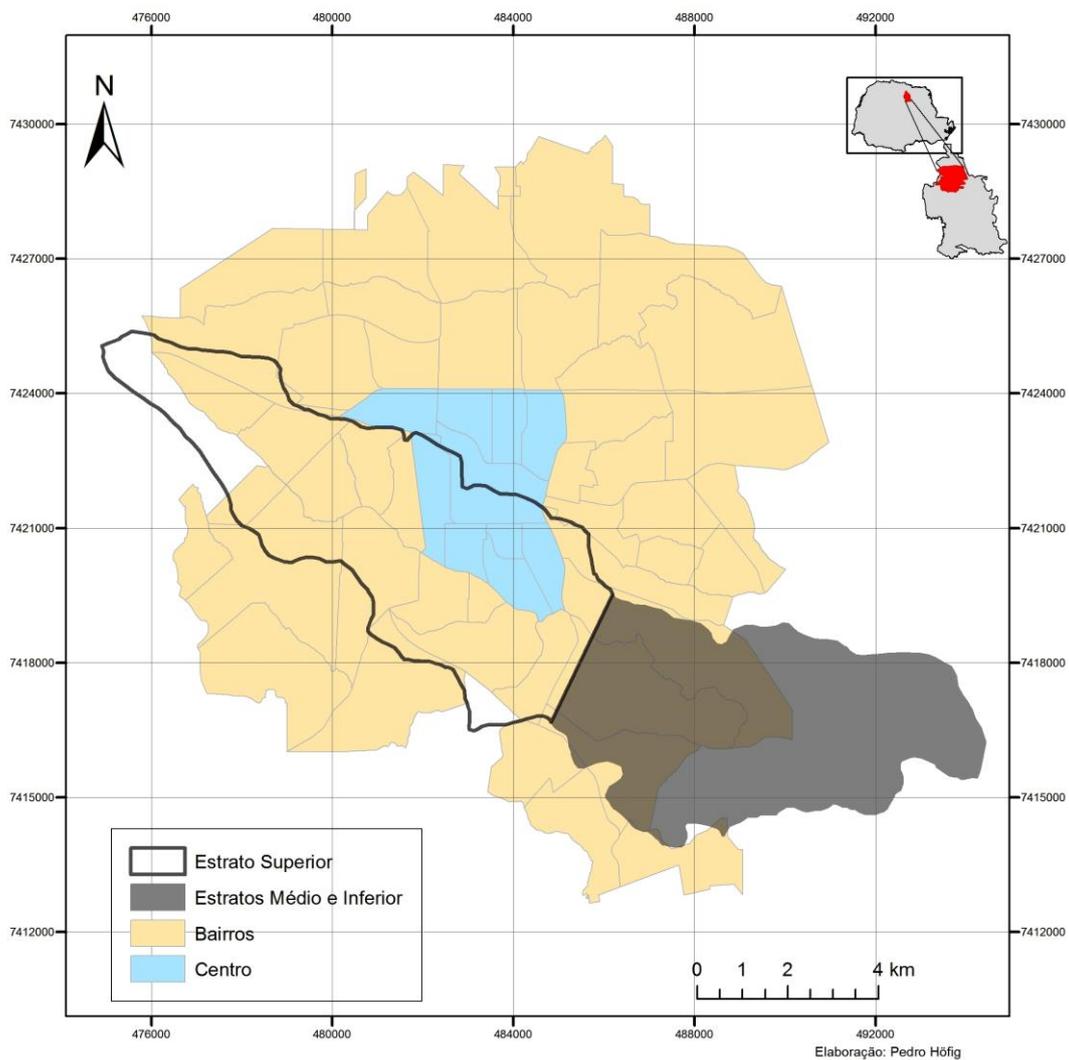


Figura 1 - Localização da bacia do ribeirão Cambé, Londrina-PR.

O campo foi realizado para aferir os dados de classificação do solos obtidos através da carta de declividade gerada através de técnicas de geoprocessamento.

3.2-Materiais de Campo

Para a descrição e coleta dos solos no campo foram utilizados os seguintes matérias:

- Câmera fotográfica;
- Enxada;
- Enxadão;

Espátula;
Facas;
Fita métrica;
Fichas de campo;
GPSmap 76CSx (Garmin);
Ímã;
Carta Munsell (Munsell Colors Chart);
Pá chata;
Picareta;
Pulverizador borrifador;
Recipientes plásticos para coleta de amostras.

3.3 Instrumentos Metodológicos

Para análise da declividade do terreno foi elaborada a carta de declividade originada de modelo digital de terreno gerado pela missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), da NASA. Estas imagens foram importados para o ArcGIS 10[®] e os mapas de declividade foram gerados a partir da ferramenta “slope”. O contorno para determinação das classes de solo foi realizado a partir do ícone “contour”, com intervalo de contorno de 8 (%).

Após a criação do mapa de solos através dos métodos descritos anteriormente, procedeu-se a verificação de tais classes de solo no campo, através de dois perfis de solo, com o objetivo de aferir ou comprovar as classes indicadas. Foram descritos e classificados um total de 2 perfis até o terceiro nível categórico do SiBCS, 2006. Os solos foram classificados conforme a 2ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006).

A descrição e a coleta dos solos no campo foi conduzida de acordo com procedimentos descritos em Santos et. al (2005) e IBGE (2007).

Os solos foram identificados com base na confecção de um mapa de declividade do estrato superior do Ribeirão Cambé (figura 2), da consulta em trabalhos prévios (BOGNOLA 2011; TAGIMA & TERABE, 2005) e de observações e descrições de

campo. Considerou-se ainda, no processo de classificação, a altitude e a proximidade dos cursos hídricos.

Como constatado por Silva (2011), sob tal material de origem, os Latossolos, geralmente, encontram-se em declividades entre 0% e 8%, ao passo que os Nitossolos situam-se, geralmente, em declividades entre 8% e 16%. A partir da carta de declividade gerada, criou-se um banco para integrar os dados geográficos e confeccionar o mapa de solos. Ressalta-se que, com o devido cuidado, a pedoforma, associada à cor e vegetação natural, poderá ajudar, localmente, na identificação rápida das classes de solo (RESENDE et al., 2007).

Os estudos morfológicos foram feitos em campo, ao passo que as análises químicas e físicas foram realizadas no laboratório de solos do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná).

A suscetibilidade dos solos à erosão foi consultada em literaturas, em índices já existentes e pensada pelos autores de acordo com os dados obtidos.

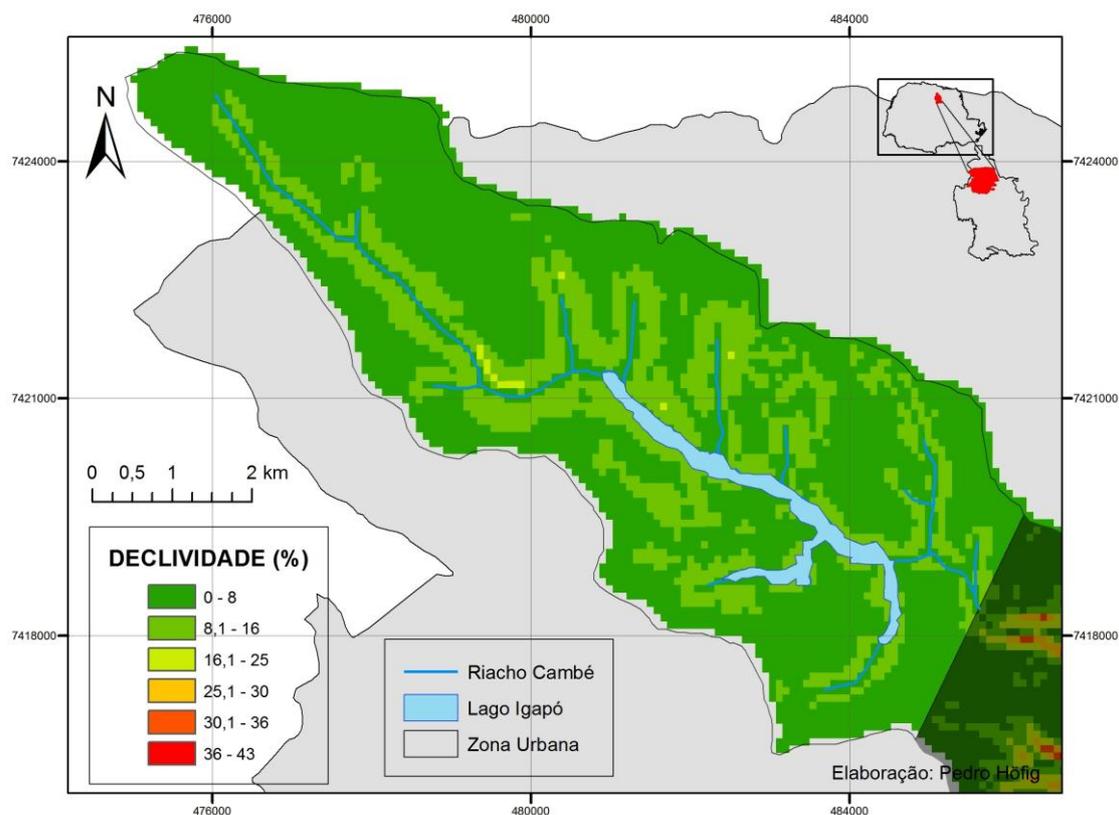


Figura 2 - Classes de declividade no estrato superior da bacia do ribeirão Cambé, com destaque para o estrato superior.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes de solos descritas em campo na área de estudo foram Latossolo Vermelho (relevo suave) e Nitossolo Vermelho (relevo suave ondulado) (figura 3), comprovando o que se esperava através da carta de declividade e o conhecimento sobre os material de origem e o clima da área de estudo. Campos et al. (2009) constataram que esses solos, na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marrecos, em Londrina, possuem valores de erodibilidade bastante baixos na Equação Universal de Perda de Solos. No entanto o fator erodibilidade do solo, isolado, ignora todos os outros fatores relacionados à erosão.

Inferiu-se, ainda, a existência de pequenas faixas de solos da classe dos Cambissolos (figura 3) (entre declividades de 16% e 24%), mas sem valor para o fenômeno da erosão laminar por se tratar de terrenos com residências e ruas asfaltadas (figura 4). Aconselha-se a manutenção da vegetação primária ou secundária em áreas não urbanizadas, já que chuvas de intensidades moderadas saturam facilmente esses solos; somado às fortes declividades e a forma de relevo que propicia a convergência hídrica, provoca-se o escoamento superficial.

Nas cotas mais baixas das planícies, provavelmente desenvolveram-se solos da classe dos Gleissolos, pois há a presença de terrenos planos e de drenagem impedida, condizente com processos de hidromorfismo/gleização. Nesta áreas de várzea, entretanto, o fenômeno da erosão é inexistente, destacando-se ainda o fato de tratar de Áreas de Preservação Permanentes (APP) respeitadas, no tocante a manutenção da vegetação. Além disso, de acordo com Tagima e Terabe (2005), nestas áreas foram criados os lagos Igapó 1, 2, 3 e 4.

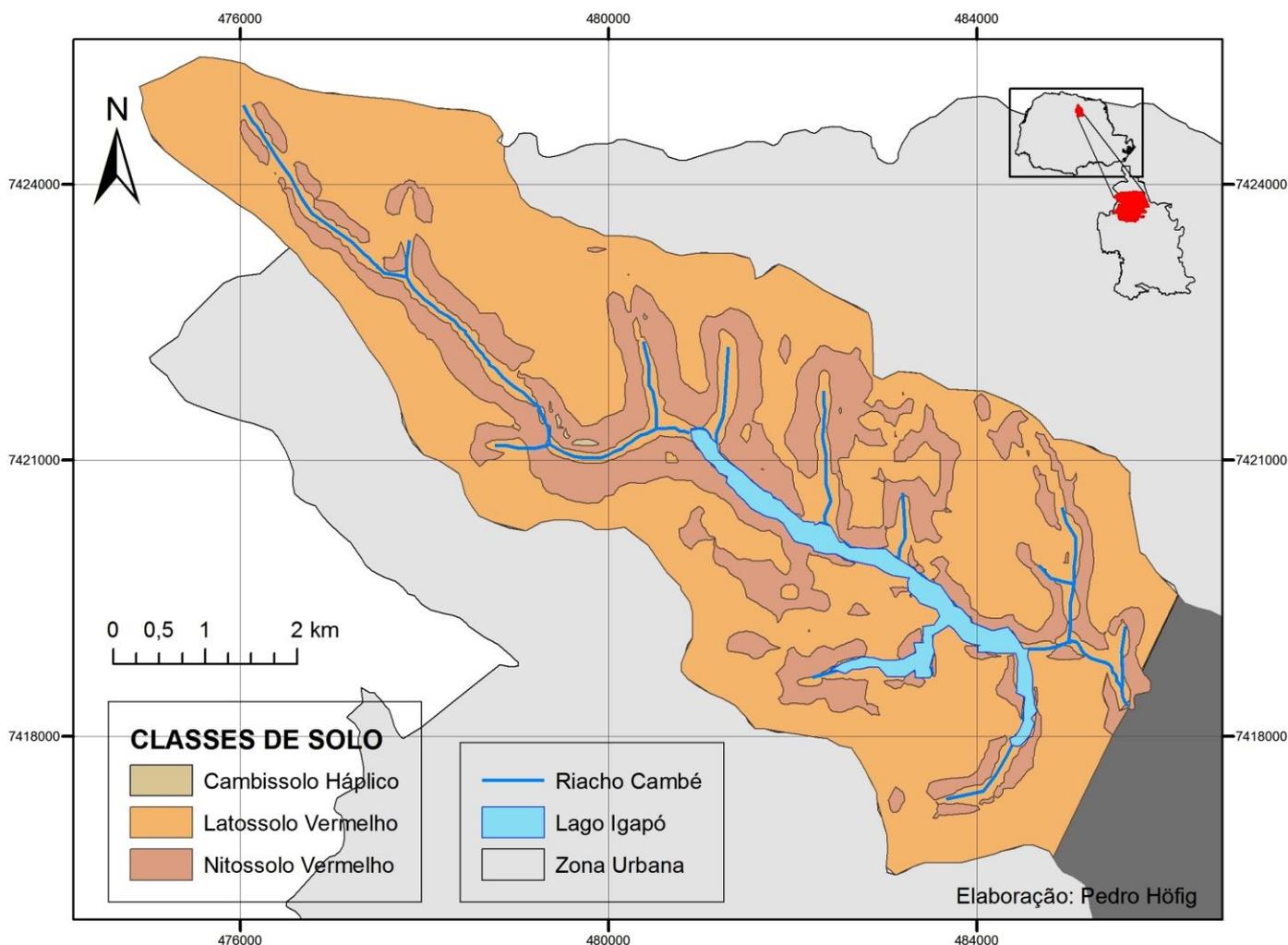


Figura 3- Classes de solo no estrato superior da bacia do ribeirão Cambé.

A tomada de decisão e o uso do solo devem estar pautados nas classes de solo existentes no estrato superior da bacia em questão.



Figura 4 - Cruzamento das ruas João Sanches e João Vicente, próximo ao córrego Baroré, onde a classe de solos inferida é a dos Cambissolos. A imagem permite verificar que quase a totalidade da área apresenta-se construída e asfaltada. Fonte: Pedro Höfig, 2012.

4.1- Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef)

Aproveitando um corte na vertente direita, no espigão, realizamos uma breve descrição do perfil. Na figura 5 está apresentado o perfil estudado. Algumas vezes, a classe a que pertence o solo pode ser identificada diretamente no campo, logo após cuidadosa descrição de seus horizontes.



**Figura 5- Perfil de LVef analisado.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.**

No tocante a descrição geral (figura 6), o perfil situa-se em um relevo de declividade plana, não apresenta pedregosidade e rochiosidade e é caracterizado como bem drenado, seguindo as instruções de Santos et al. (2005). Segundo Biase (1995), sob a declividade de 4%, os processos pedogenéticos são predominantes.

Classificou-se o solo como um Latossolo Vermelho, de acordo com o estudo realizado no dia 19 de Novembro de 2011, em um perfil de 1,90m, localizado nas coordenadas UTM 7.419.295,2 S e 481.967,3 E (figura 6), a uma altitude de 600 m.

O Latossolo é uma classe de solo constituída por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura (SANTOS et al., 2006).

A área está cercada de gramíneas e percebe-se a presença de erosões em sulcos, frequentes e superficiais. As características gerais do solo e de sua paisagem podem ser observadas na tabela 1.



**Figura 6 - A paisagem na qual se encontra o perfil estudado mostra um relevo plano e cercado de gramíneas, próximo ao córrego Capivara.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.**

O local situa-se na rua Ayrton Senna da Silva. No sentido centro-bairro, após a rotatória que cruza com a avenida Madre Leonida de Milito, aproximadamente 100 m à esquerda.

Tabela 1- Características gerais do Latossolo Vermelho Eutroférico e de sua paisagem.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Plano
Cronologia e litologia	Mesozóico e rochas eruptvas básicas
Drenagem	Bem drenado
Vegetação primária	Floresta Estacional Semidecidual
Uso atual	Loteamento
Textura	Muito argilosa (74% de argila)
Cor do horizonte Bw	Vermelho escuro (10R 2/3)
Estrutura dos horizontes	Horizonte A- indefinida Horizonte Bw – fraca média granular
Consistência seca	Macia, podendo ficar dura nos horizontes superficiais em função da compactação
Consistência úmida	Muito friável
Consistência molhada	Muito plástica e muito pegajosa

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

O vermelho intenso dificulta a diferenciação de cor no campo entre o horizonte superficial e o horizonte B, sendo os agregados da camada superior ligeiramente mais escuros, devido ao maior teor de matéria orgânica. A CTC do horizonte Bw (8,9 cmol_c kg⁻¹) pode ser considerada alta para a ordem dos Latossolos e a atividade da fração argila desse Latossolo Vermelho Eutroférico permite a observação de fendilhamento da superfície dos Latossolos no período seco, fato incomum na ordem, o que pode ser explicado pela relativa alta CTC. A saturação por bases (V%) é um dos atributos utilizados na classificação dos solos e o valor encontrado foi de 64 %. Por isso, o

Latossolos Vermelho foi classificado no 3º nível categórico do SiBCS, 2006, como eutroférico (tabela 2).

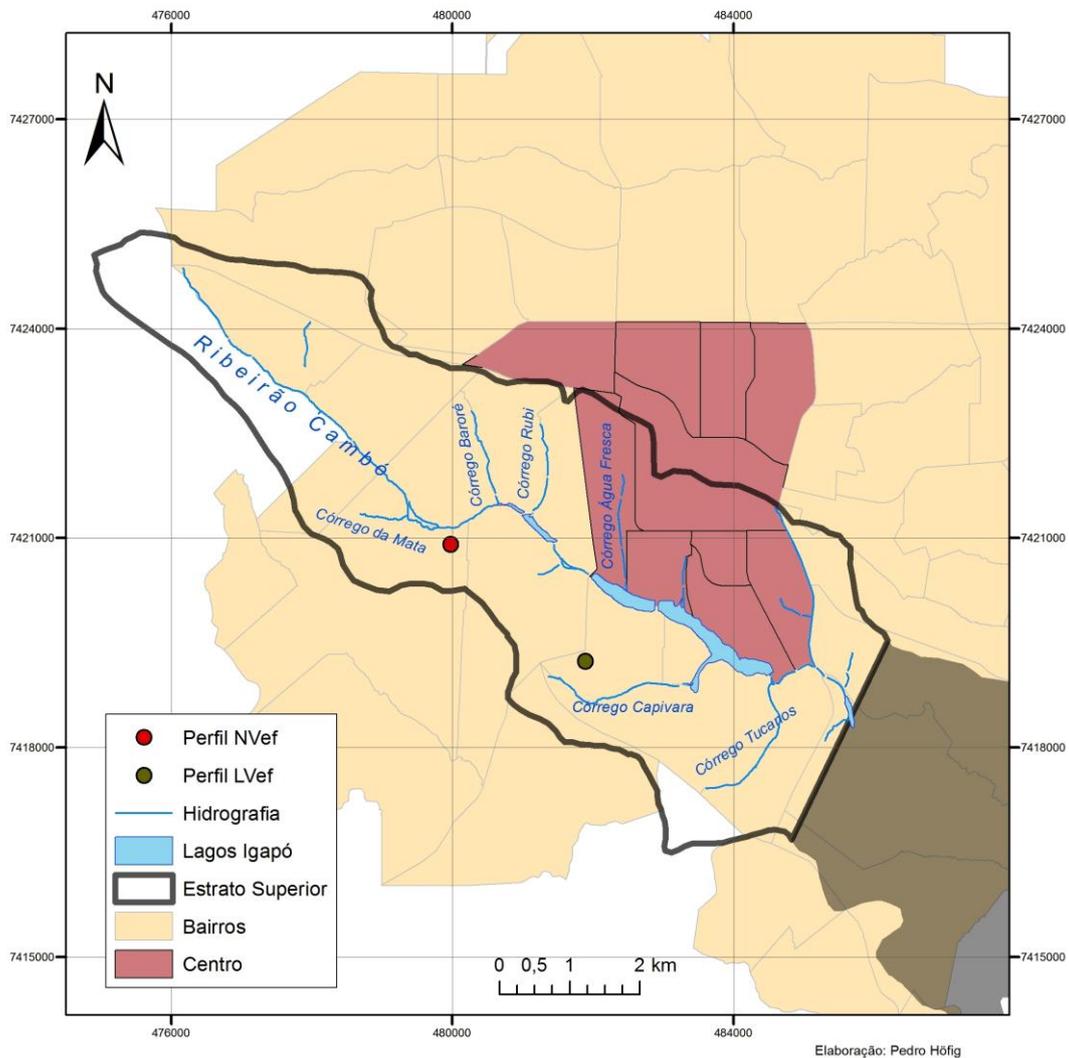


Figura 7 - Localizações dos perfis analisados e dos cursos hídricos da área em estudo.

Nos primeiros 30 cm de solo observou-se compactação, provavelmente originada pelo uso de maquinarias, o que gerou estrutura indefinida, de tal forma que o horizonte A foi denominada como horizonte Ap (figura 8). Entre 30 cm e 60 cm notou-se gradual descompactação, adquirindo a porosidade e estrutura granular (figura 9) típica de horizonte B latossólico (Bw). A partir dos 60 cm, ao pressionar a faca sobre o solo, sentiu-se apenas as características típicas do horizonte Bw. Vale ressaltar, entretanto, que nas proximidades do 1,90m sentiu-se maior dificuldade em penetrar a faca no solo. O fato ocorre pelo adensamento provocado pelo próprio peso do solo existente acima. A cor, avaliada de acordo com a carta Munsell, foi 10R em todo o

perfil, o que ressalta a riqueza em hematita (óxido de Fe) deste solo, com exceção do horizonte Ap, onde há maior quantidade de matéria orgânica. Verificou-se forte atração do material pelo ímã, o que está de acordo com o esperado, pois solos oriundos de basalto apresentam esta propriedade devido aos altos teores de óxidos de Fe, neste caso, na forma de magnetita.



Figura 8 - Estrutura encontrada no horizonte Ap, revelando adensamento.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Tabela 2- Características químicas do horizonte diagnóstico do Latossolo Vermelho Eutroférico.

Variáveis	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V
	mg/dm ³	g/dm ³				cmolc/dm ³					%
	0,7	4,16	5,8	0,0	3,17	4,8	0,86	0,03	5,69	8,86	64,2

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Com bases nos dados de observações de campo e analíticos o 1º perfil avaliado foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico.

Segundo Guerra e Botelho (2006), os Latossolos possuem reduzida suscetibilidade à erosão devido a boa permeabilidade e drenagem e a baixa relação textural B/A, ou seja, a quantidade de argila pouco varia entre os horizontes.



Figura 9 - Estrutura em "pó de café" encontrada no horizonte B-latossólico do perfil estudado. Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Bertoni e Lombardi Neto (2010) apresentam índices de erodibilidade para unidades pedológicas que variam de 0 a 10, sendo definidas cinco classes de erodibilidades. Os índices de erodibilidade de Latossolos de textura argilosa variam de 4 a 2,1. Por meio da relação erodibilidade da classe de solo x declividade (4%), a classe de suscetibilidade à erosão laminar é de pouco a não suscetível (tabela 3) (IPT, 1990 apud SALOMÃO, 2009).

Cruzando os dados de classe de suscetibilidade à erosão laminar (pouco à não suscetível) com os a classe de ocupação atual das terras (cobertura vegetal de pequeno porte com intensa atividade antrópica), o potencial atual à erosão laminar é baixo, já que o uso atual do solo é compatível com a suscetibilidade à erosão laminar (tabela 3) (IPT, 1990 apud SALOMÃO, 2009, p. 243).

Tabela 3- Classes de suscetibilidade à erosão laminar de acordo com a ocupação da terra.

		<u>Classes de ocupação atual das terras</u>				
		cobertu- ra vegetal de baixo e médio porte, com imensa atividade antrópi- ca	cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada	cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica muito reduzida	cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida	espelhos d'água e várzeas
classes de suscetibilidade à erosão laminar	extrema- mente suscetível	alto potencial	alto potencial	alto potencial	médio potencial	X
	muito suscetível	alto potencial	médio potencial	médio potencial	moderadamente suscetível	X
	moderada- mente suscetível	médio potencial	médio potencial	médio potencial	pouco suscetível	X
	pouco suscetível	médio potencial	baixo potencial	baixo potencial	baixo potencial	X
	pouco a não suscetível	baixo potencial	baixo potencial	baixo potencial	baixo potencial	baixo potencial

Fonte: Salomão (2009) adaptado pelo autor.

Ainda considerando a suscetibilidade à erosão, a matéria orgânica é um dos agentes responsáveis pela flocculação dos constituintes que irão formar os agregados (DALBIANCO, 2007), melhorando as características físicas (permeabilidade, porosidade e a retenção de água) e atuando como a principal fonte de carbono existente no solo (MIYAUCHI, 2007). Atua ainda como determinante da erodibilidade dos solos. Ao observar a tabela 1, através do valor de carbono, percebe-se que o percentual de matéria orgânica não atinge nem 1%, conferindo ao solo menor resistência à dispersão,

bem como baixa agregação (CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998). Entretanto, ressalta-se que as análises foram feitas no horizonte diagnóstico, objetivando classificar o solo, e pouco acrescentando em dados relacionados à vulnerabilidade à erosão. Espera-se no horizonte superficial maior quantidade de matéria orgânica.

Segundo Schneider, Giasson e Klamt (2007), nos Latossolos, quanto maior for a proporção de argila, maior sua estabilidade estrutural, tornando-os menos suscetíveis à erosão. O solo estudado (muito argiloso) se enquadra no caso.

As informações relacionadas a alguns atributos físicos podem ser encontradas na tabela 4.

Tabela 4 - Atributos físicos do horizonte diagnóstico do Latossolo Vermelho Eutroférico.

Variáveis	Grau de	Grau de	Porosidade	Densidade	Densidade
	floculação	dispersão		aparente	real
	da argila	da argila			
	%			g cm ⁻³	
	75,8%	24,2%	55,5%	1,33	2,99

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

O grau de floculação da argila de 75,8% favorece a permeabilidade do solo à infiltração de água, o que mostra que a água não encontra restrição de passagem no perfil. Este valor, todavia, está próximo da limitação do ambiente de produção por encharcamento, o que é suscetível à erosão hídrica.

O grau de dispersão de 24,2% representa uma argila com baixo grau de dispersão, o que representa um baixo risco a compactação. O valor, entretanto, está próximo do limite representante de argila com risco de compactação. A compactação existente é fruto da passagem frequente de caminhões pela superfície.

A porosidade de 55,5% não ocasiona restrições na condutividade hidráulica. Pagliai et al. (2004 apud PAGLIAI, 1988) afirmam que solos com mais de 40% de porosidade são extremamente porosos. O enriquecimento em óxidos de ferro (agentes agregantes) dificulta o ajuste face a face da caulinita, o que promove a formação de estrutura granular, grande macroporosidade, refletindo na resistência à erosão.

A compactação no horizonte Ap, todavia, tende a eliminar os macroporos do horizonte superficial, o que inibe o efeito da infiltração, favorecendo o escoamento superficial.

A densidade aparente de $1,33 \text{ g cm}^{-3}$ não está em um valor crítico, mas espera-se densidade menor para solos com estrutura granular; a razão encontrada para tal número é a compactação do horizonte superficial. Já a densidade real, $2,99 \text{ g cm}^{-3}$, tem o valor alto devido a grande quantidade de óxido de ferro.

4.2 - Nitossolo Vermelho Eutroférico (Nvef)

A continuação do estudo de campo foi realizada no dia 10 de Novembro de 2011, em um perfil de 1,80m, localizado a latitude de $23^{\circ}19'13,6''\text{S}$ e longitude de $51^{\circ}11'44,3''\text{W}$ (figura 7), a uma altitude de 524m. O perfil é apresentado na figura 10. Situa-se em relevo de declividade ondulada (11%), não apresenta pedregosidade e rochiosidade, e é caracterizado como moderadamente drenado, seguindo as instruções de Santos et al. (2005). A área está cercada de gramíneas e percebe-se a presença de erosões em sulcos, frequentes e superficiais (figura 11).

Destaca-se que segundo Biase (1995), sob a declividade de 11%, predomina a pedogênese. Entretanto, este valor está no limite no qual há um equilíbrio entre os processos de morfogênese e pedogênese.

O local situa-se na avenida Castello Branco, após o restaurante e choperia Fábrica 1, entre duas rotatórias. No sentido centro-bairro, cerca de 50 metros, à esquerda, antes da segunda rotatória.

Conhecendo-se o material de origem e a declividade, observando as estruturas em blocos e a cerosidade, notou-se a presença de um Nitossolo.



**Figura 10 – Perfil de NVef estudado, localizado na avenida Castelo Branco.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.**

O Nitossolo é um solo com 35% ou mais de argila, inclusive no horizonte A, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150 cm da superfície do solo. Os Nitossolos praticamente não apresentam policromia acentuada no perfil e devem satisfazer certos critérios referentes a este aspecto (SANTOS et al., 2006).



Figura 11 - Paisagem no entrono do perfil estudado. Nota-se o depósito de sedimentos.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Nos primeiros 20 cm percebeu-se a presença de mais raízes e a consequente porosidade, observada pela estrutura granular. A presença de matéria orgânica vista a olho nu não possui destaque, muito embora o perfil como um todo seja mais escuro que o perfil do Latossolo, o que pode indicar maior quantidade de matéria orgânica, possivelmente pela maior lentidão na decomposição resultante da drenagem moderada. Entre 20 cm e 40 cm passou-se a observar gradualmente as típicas estruturas em bloco/prismas e a cerosidade (figura 12), mostrando-se um horizonte AB de transição. Após os 40 cm as características típicas de solos desta classe começaram a se destacar, o que caracterizou o horizonte como B nítico (Bn). A cor apresentou-se quase homogeneamente vermelha (10R) por todo o perfil. Ressalta-se a saturação por bases de 66%, o que permite classificar este Nitossolo Vermelho como eutroférico, assim como o Latossolos anteriormente descrito (tabela 5).



Figura 12 - Cerosidade e Estrutura em blocos angulares e subangulares vista no perfil estudado.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Tabela 5 - Características químicas do horizonte diagnóstico do NVef.

Variáveis	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V
	mg/dm ³	g/dm ³				cmolc/dm ³					%
	1,6	5,29	5,4	0,0	3,97	4,82	2,79	0,12	7,73	11,7	66,0%

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

A partir destas observações, o solo foi classificado como um Nitossolo Vermelho Eutroférrico. As características gerais do NVef e sua paisagem estão apresentadas na tabela 6.

A capacidade de troca de cátions e a saturação de base (tabela 5) demonstram o menor grau de intemperização em que se encontra o solo e maior dificuldade de drenagem, se comparado com um latossolo. Ademais, os materiais do solo são atraídos pelo imã, o que faz com que, possivelmente, seu teor de Fe₂O₃ (hematita) seja maior que 180g/kg, como já constatado por Fernandes Barros (1996) em local próximo da área de estudo. A cor vermelha (tabela 6) também sugere a predominância de hematita.

Tabela 6 - Características gerais do Nitossolo Eutroférico e de sua paisagem.

Característica ou atributo	Descrição
Relevo	Ondulado
Cronologia e Litologia	Mesozóico e rochas eruptivas básicas
Drenagem	moderadamente drenado
Vegetação primária	Floresta Estacional Semidecidual
Uso atual	loteamento
Textura	Muito argilosa (79% de argila)
Cor do horizonte Bn	Vermelho escuro (10R 2/2)
Estrutura dos horizontes	Horizonte A – moderada pequena granular. Horizonte Bn – forte prismáticas (blocos angulares e subangulares)
Cerosidade	Forte e moderada
Consistência seca	Dura no horizonte Bn e dura nos horizontes superficiais
Consistência úmida	Firme
Consistência molhada	Muito plástica e muito pegajosa

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010), os índices de erodibilidade deste solo variam de 4 a 2,1. Por meio da relação erodibilidade x declividade (11%), a suscetibilidade à erosão laminar, segundo o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) (1990, apud SALOMÃO, 2009, p. 240), é pouca. Ainda assim, o terreno apresenta problemas complexos de conservação, exigindo práticas intensivas mecanizadas de controle da erosão. De acordo com Tagima e Terabe (2005), de uma forma geral, os Nitossolos apresentam perfis pedológicos relativamente profundos, possuindo capacidade de absorver águas pluviais mediante práticas mecânicas ou vegetativas adequadas.

Já a matiz de definição das classes de potencial atual à erosão laminar feita pelo IPT (1990, apud SALOMÃO, 2009, p. 243) cruzando as classes de suscetibilidade à erosão laminar (pouco suscetível) com as classes de uso e ocupação do solo (cobertura vegetal de baixo porte, com imensa atividade antrópica), enquadrou o terreno como médio potencial (tabela 3). Ou seja, o uso atual do solo é incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas.

O carbono (constituente da matéria orgânica) atua como determinante da erodibilidade dos solos. Ao observar a tabela 5, percebe-se que o percentual de carbono no horizonte diagnóstico é baixo, conferindo ao solo uma menor resistência à dispersão bem como uma baixa agregação. Contudo, destaca-se que as análises foram feitas no horizonte diagnóstico, objetivando classificar o solo, e pouco acrescentando em dados relacionados à vulnerabilidade à erosão. Espera-se no horizonte superficial maior quantidade de matéria orgânica.

Segundo Schneider, Giasson e Klamt (2007), nos Nitossolos, quanto maior for a proporção de argila, maior tende a ser sua estabilidade estrutural, tornando-os menos suscetíveis à erosão. O solo estudado (muito argiloso) se enquadra no caso.

Algumas das características físicas do Nitossolo Vermelho eutroférico são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7- Características físicas do horizonte diagnóstico do NVef.

Variáveis	Grau de	Grau de	Porosidade	Densidade	Densidade
	floculação	dispersão		aparente	real
	da argila	da argila			
	%			g cm ⁻³	
	77,8%	22,2%	45,2%	1,48	2,7

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

O grau de floculação da argila de 77,8% favorece a permeabilidade do solo à infiltração de água, revelando que a água não encontra restrição pelo trajeto no perfil. O grau de dispersão de 22,2% representa uma argila com baixo grau de dispersão, o que representa um baixo risco a compactação.

A porosidade é de 45,2%, o que caracteriza como extremamente poroso, de acordo com Pagliai et al. (2004 apud PAGLIAI, 1988). Todavia, como trata-se de uma característica inversamente proporcional a densidade aparente, nota-se menor porosidade em relação ao latossolo, desfavorecendo a condutividade hidráulica.

A densidade aparente de 1,48 g cm⁻³ está próximo de um valor crítico, devido à estrutura do tipo em blocos. Já a densidade real, 2,70 g cm⁻³, tem o valor alto devido a grande quantidade de óxido de ferro.

4.3- Controle de erosão, medidas preventivas e corretivas

O que foi observado na bacia é que, na parte próxima do interflúvio, as partículas de solo são afetadas pelo impacto das gotas de chuva e o deslocamento de material restringe-se àquele derivado do salpicamento. Nesta seção da vertente não há fluxos. Na parte superior da vertente, a intensidade da chuva supera a velocidade de infiltração, produzindo um fluxo excedente, o qual se desloca como fluxo laminar. Ao aumentar a quantidade de água e as irregularidades do terreno, na meia encosta, o fluxo se concentra, a princípio dando lugar a canais de pequena largura e profundidade, os quais evoluirão para canais mais profundos vertente abaixo. O segmento de base da vertente constitui-se de uma zona de depósito (figura 13).

No caso estudado, o aumento de sedimentos da bacia hidrográfica do ribeirão Cambe é significativo, o que se deve às construções e limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas e avenidas. Estes loteamentos são precedidos por intensa atividade de retirada da cobertura vegetal, movimentação de volumes de terra e desestruturação da camada superficial do solo. Desta forma, o solo fica exposto para a erosão no espaço de tempo entre o início do loteamento e o fim da ocupação. Quando a bacia hidrográfica urbana está completamente ocupada e o solo praticamente impermeabilizado, a produção de sedimentos tende a decrescer. Este é o caso da vertente esquerda desta parte da bacia analisada: bacia urbana ocupada e produção de sedimentos menor que a vertente direita (figura 14)



Figura 13- Zona de depósito de sedimentos na rotatória onde se cruzam a avenida Castelo Branco e a avenida Aniceto Espínola. Vale lembrar que esta área possui pontos de inundação.
Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Goudie (1990 apud GUERRA & MENDONÇA, 2010) acredita que os índices mais elevados de erosão ocorrem durante a fase de construção de uma cidade, quando há uma grande quantidade de solo exposto e muita perturbação do terreno, advinda da movimentação de máquinas e escavações. Contudo, a fase de construção não é eterna, tendendo, portanto, para uma considerável diminuição de taxas erosivas, em especial em cidades onde o planejamento urbano assegure uma boa infra-estrutura de rede de esgotos, galeria pluviais, ruas pavimentadas, praças, áreas verdes etc.

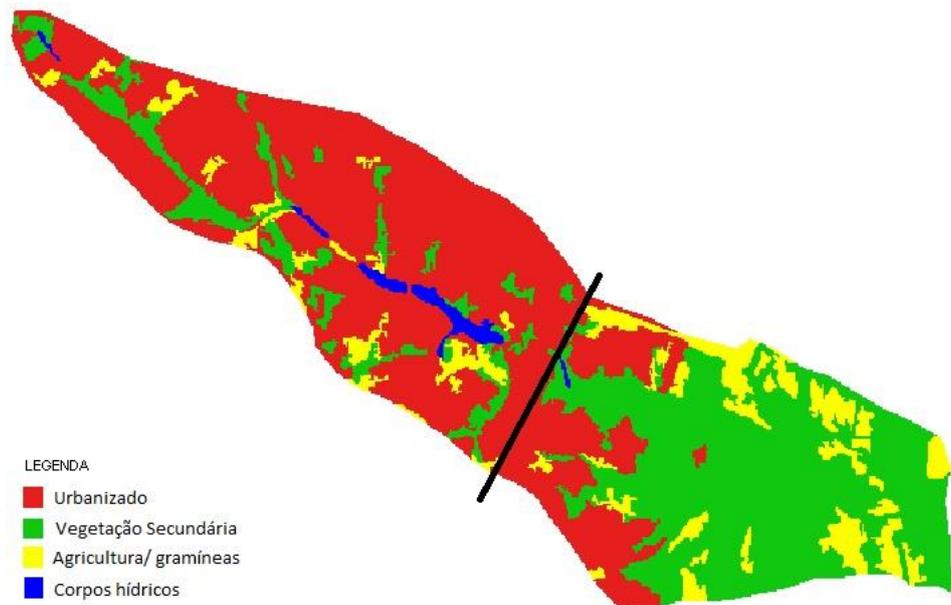


Figura 14- Enquanto a vertente direita espera a ocupação, a vertente esquerda encontra-se quase que totalmente ocupada, como apontado no croqui de uso do solo e na fotografia, tirada sobre a vertente direita.

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Na vertente direita, área em urbanização, os sedimentos atingem a macrodrenagem e depositam-se em razão da diminuição da declividade e da capacidade de transporte. Estes sedimentos, além de em algum momento atingirem a calha do ribeirão (figura 15), reduzem a capacidade de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais frequentes. A abertura de ruas, limpeza de quadras e terrenos desocupados, fatos comuns em qualquer loteamento, favorece o desenvolvimento de dessoloagem (erosão laminar) e ravinamentos.



Figura 15- A coloração da água denuncia a chegada de sedimentos no curso d'água após a chuva.
Fonte: Pedro Höfig

A “solução” mais frequentemente utilizada, quando se trabalha com lagos, é a dragagem do material depositado. No entanto, não se trata de uma resolução, uma vez que o problema se repetirá, revelando-se uma medida paliativa. Ademais, a operação é de alto custo, degrada as margens e a dificuldade de se encontrar um local para depositar o material dragado é considerável.

Todavia, Mafra (2009) pontua que gasta-se mais recursos na formulação de políticas de conservação e manejo das terras do que em sua implementação. Deveria ocorrer uma planificação territorial, que tem como objetivo a organização do espaço físico de modo que a utilização da terra seja compatível com as potencialidades do mesmo.

Ao se procurar abordar as derivações ambientais processadas pelo homem, deve-se entender que tudo começa a partir da necessidade de ele ocupar determinada área, que se evidencia pela Geomorfologia e, mais especificamente, individualiza-se pelo

elemento do relevo genericamente definido por vertente. A ocupação de determinada vertente, seja como suporte ou como recurso, gera transformações no estado primitivo, envolvendo desmatamento e outras atividades que refletem diretamente no potencial ecológico. A transformação do espaço se dá através da relação homem-natureza (processo de trabalho), subordinada à relação homem-homem (relações sociais de produção), transformadora do espaço geográfico (segunda natureza), sob a perspectiva econômica do capitalismo, na qual o espaço é uma mercadoria. Considerando o processo de utilização do espaço, os estudos geomorfológicos, que devem ter como base um enfoque ambiental, não podem menosprezar tais relações, tendo em vista que estas intervêm diretamente na forma de uso do solo. O tipo de ocupação, uso e submissão do solo está relacionada à cultura e ideologia. Entretanto, os elementos naturais tem poder considerável na forma final do espaço. A relação do homem com a natureza (primeira e segunda natureza) é uma relação social, que na sociedade capitalista representa uma relação de classe. Não é a natureza que produz as classes e os detentores do capital. (CASSETI, 1991).

Contudo, se a ocupação é necessária, é imprescindível que seja feita de forma correta, essencialmente no tocante às leis. Todavia, “problemas de definição de termos associados com a quantificação dessa vegetação, dificulta a proposição de critérios mais exatos que ajudariam na elaboração de leis de defesa da qualidade de vida da população urbana” (NUCCI e CAVALHEIRO, 1999).

A abordagem geomorfológica nos estudos ambientais tem especificamente a preocupação de dar direção a uma geomorfologia que tem suas bases conceituais nas ciências da Terra, mas fortes vínculos com as ciências humanas, à medida que serve como suporte para o entendimento dos ambientes naturais, onde as sociedades humanas se estruturam, extraem os recursos para a sobrevivência e organizam o espaço físico territorial (ROSS, 2009).

É consenso que a erosão urbana está associada à falta de planificação de uso do solo, considerando as particularidades do meio físico e as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento da área urbana.

Segundo Guerra e Mendonça (2010), a erosão dos solos pode ser monitorada, analisada e compreendida em várias escalas, sendo uma delas a bacia hidrográfica. A bacia de drenagem, particularmente a pequena bacia, localiza, de forma natural, o

problema da conservação dos recursos naturais em razão de da interdependência dos atributos bióticos e abióticos no seu interior (RESENDE et al., 2007).

O transporte de água e sedimentos é determinado pela geometria das encostas. Assim, a erosão pode adicionar materiais aos solos ou deles os remover. Por conseguinte, é importante distinguir as encostas que existem numa paisagem, porque o fluxo de água e de sedimentos tende a variar com o tipo de encosta. Na bacia hidrográfica é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem (BOTELHO & SILVA, 2010). As vertentes portadoras de comprimento reto e largura reta, como no caso estudado, respondem pelo predomínio do fluxo laminar, o que colabora com o escoamento superficial.

Grande parte da vertente direita, ainda não urbanizada, sofre de problemas erosivos, ao passo que a vertente esquerda encontra-se, majoritariamente, urbanizada (figura 16). Tagima e Terabe (2005) apontam que a ação antagônica de destruição dos cumes e deposição dos sedimentos nos vales está modificando as feições topográfica desta bacia. Tal fato contribui para o aumento do assoreamento - principalmente por tratar-se de um curso d'água de baixo gradiente e ter uma parte represada - e alteração na qualidade das águas, além de colaborar com ocorrência de enchentes.



Figura 16 - No lago Igapó 4, nota-se topografia mais suave. A lógica de ocupação, todavia, continua a mesma.

Fonte: Pedro Höfig, 2012.

Naturalmente, a melhor solução sempre é a cobertura vegetal (práticas de caráter vegetativo), imitando a natureza na medida do possível, tendo em vista que a vegetação é dispersora de energia, já que inibe o fluxo por terra. Segundo Guerra e Mendonça (2010), embora o clima, o solo, as formas de relevo e a cobertura vegetal interajam para determinar as taxas de erosão, é a cobertura vegetal que, em última análise, proporciona diferentes níveis de proteção ao solo.

O aumento da cobertura vegetal implica em proteção contra o impacto das gotas da chuva, permite melhor estruturação do solo, em função do papel agregador da matéria orgânica a ele incorporada, e reduz o *runoff* (escoamento superficial) pelo aumento da rugosidade do terreno e da infiltração. Esta, por sua vez, pode ser elevada através da melhor estruturação do solo, aumento da macroporosidade, da rugosidade do terreno e da diminuição do selamento superficial, condições que são atingidas com o aumento da cobertura vegetal. Elevada a ação do componente perpendicular, dimiui-se a ação do componente paralelo, minimizando os processos de erosão. Com o início da ocupação de uma vertente, as relações processuais morfodinâmicas se alteram.

Com a ocupação urbana da vertente, o depósito de sedimentos irá diminuir. Pode-se notar que as condições topoaltimétricas favorecem a expansão urbana no curso superior da bacia em detrimento da cobertura vegetal. Muito embora isso pareça uma solução, sabe-se que, com o solo mais impermeabilizado, aumenta-se a vazão. Ou seja, mais água ainda se escoará para o lago. Este, por sua vez, já se encontra assoreado (figura 17) e a tendência é que esse processo aumente a cada dia. O ideal é que não se ocupem as áreas de retenção natural das águas, como as planícies de inundação, preservando e conservando a cobertura vegetal, possibilitando a infiltração e/ou permanência da água.

Para minimizar a ocorrência de inundações e reduzir o potencial dos prejuízos por elas causados é preciso aumentar a retenção das águas nas bacias, através do aumento do componente perpendicular, conservação e recuperação das áreas de retenção natural da água. Tais medidas contribuem na conservação da capacidade de vazão dos canais fluviais, reduzindo os picos de cheias. Essas providências deveriam ser adotadas no planejamento de uso e ocupação do solo em áreas de expansão urbana, sendo contempladas nos planos diretores dos municípios. Áreas de retenção natural das

águas não deveriam ser ocupadas com atividades antrópicas. Estudos sobre limitações de uso do solo e sua aplicação visam minimizar as possibilidades de prejuízos advindos do uso inadequado das áreas de risco (BOTELHO & SILVA, 2010).



Figura 17 - Assoreamento do lago Igapó 4 é visível. Fonte: Pedro Höfig, 2012.

As medidas corretivas apresentadas pela literatura sempre estão relacionadas à construção de estruturas físicas de engenharia. Entretanto, o controle do sistema de drenagem através de obras de engenharia é de alto custo. Além disso, o que acontece normalmente nas cidades é a utilização de sistemas de drenagem para escoar as águas de chuva para rios e lagos. Porém, sistemas de drenagem transportam a água de um ponto para outro; eles não reduzem nem eliminam água, apenas mudam sua localização (SPIRN, 1995).

Já o piso ecológico é uma boa alternativa, uma vez que permite a absorção da quase totalidade de água da chuva e faz com que esta chegue ao lençol freático de forma sutil para que suceda-se o ciclo hidrológico normalmente. Ademais, conseqüentemente, minimiza-se a quantidade de sedimentos que, carregados pela água, vão diretamente ou indiretamente (através dos bueiros) para o lago. Este tipo de piso permite a infiltração da água e, conseqüentemente, retém os resíduos e sedimentos. Um calçamento interessante, com grama, foi construído em áreas próximas do lago Igapó 4 (figura 17).

Muretas (figura 18) foram construídas nos terrenos próximos ao fundo de vale, em razão de multas aplicadas aos proprietários. Contudo, a aplicação de multas para

quem não cumprir a obrigação é um tema polêmico: transformar a natureza em mercadoria na verdade é um interesse do mercado na conservação, o que é chamado de contabilidade ambiental. Qualquer solução que esteja baseada somente no econômico não tende a não se perpetuar no tempo e não resolverá o problema ambiental.



Figura 18 - Calçamento com grama (aproximação de uma calçada ecológica) e muretas perto da margem do lago.

Fonte: Pedro Höfig, 2010.

Ao mesmo tempo em que percebe-se uma ação público-privada interessante, é sabido, igualmente, a falta de conhecimento e preparo dos responsáveis. As muretas são medidas paliativas, isto é, cuida-se do efeito e ignora-se a causa. É necessário cuidar da bacia hidrográfica como um todo: construir muretas e não cuidar da vertente é uma solução imediatista. Além disso, outras medidas estão sendo tomadas pelo poder público: foi aprovada uma lei na qual os proprietários de casas com mais de 200 m² são obrigados a possuir cisternas ou grama em sua propriedade, o que influencia diretamente nos processos erosivos.

Uma parceria público-privada poderia ser feita ao instituir uma lei na qual o proprietário do terreno desocupado fosse obrigado, de acordo com a classificação dos solos, a plantar gramíneas e nabos forrageiros, instituir curvas de níveis ou terraceamento, a fim de evitar o escoamento da água e favorecer a ação do componente perpendicular no solo, evitando a erosão. Bertoni e Lombardi Neto (2010), todavia, pontuam que o terraço, ao mesmo que é considerado o mais eficiente método de

controle de erosão desenvolvido no mundo, é o mais caro no que se refere a mão de obra para construção e manutenção da obra, a tal ponto de tornar a obra desaconselhável.

Tais prática mecânicas, calculadas para áreas rurais - e, portanto, desconsideram a impermeabilização do solo em nível urbano-, juntamente das muretas já constituídas, seria uma solução conjunta pertinente para conter a chegada de sedimentos nos cursos hídricos.

A curva de nível se constitui em uma linha curva que uni pontos do terreno de mesma cota, o que diminui a velocidade de fluxo de escoamento superficial da água. O terraceamento consiste em cortes transversais ao declive do relevo, com um canal coletor e um dique, que obstrui o movimento da água sobre o terreno. Como pontua Lepsch (2002), procura-se corrigir os declives muito acentuados, interceptando as águas das enxurradas, forçando-as se infiltrar em vez de escorrer. O nabo forrageiro atua na descompactação do solo, já que na decomposição de suas raízes grossas ficam orifícios, facilitando a aeração e infiltração do solo (MÜLLER; CECCON; ROSOLEM, 2001).

Por tratar-se de propriedade privadas urbanas, sabemos da dificuldade de imposição de medidas. Sendo assim, de fundamental importância é a sensibilização da população (educação ambiental) a cerca da importância da conservação da bacia hidrográfica, que pode ser vista como um espaço de integração, organização e circulação das águas. Medidas simples e discursos já banalizados ainda possuem valor: evitar jogar lixo em bueiros e cuidar dos materiais de construção, por exemplo. A educação ambiental, desde que bem elaborada e executada, representa um grande recurso. O objetivo seria uma abordagem ampla em todas as faixas etárias, percorrendo escolas primárias e secundárias, creches e orfanatos, além de usufruir da ferramenta da mídia. Necessita-se ser ressaltada a relação homem-natureza, não apenas a parte biológica, de tal forma que se compreenda todo o processo e o quanto isso afetará o cidadão em seu cotidiano. O que se pede para população é um trabalho voluntário; para que se efetue, portanto, é necessário entender o processo.

Deve-se ensinar, por exemplo, que o bueiro funciona como um rio antropizado, um curso intermitente para drenar as águas para o fundo de vale. Segundo Botelho e Silva (2010), um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência de enchentes nas áreas urbanas é o lançamento inadequado de lixo. Além da obstrução, o lixo é um

problema durante as enchentes, já que a água dos rios invade lixões e vazadouros situados às suas margens e arrastam os detritos sólidos para dentro do sistema de drenagem, num ciclo vicioso e danoso. Por esta razão também existe a propagação de doenças.

Como destacado nas idéias de Botelho e Silva (2010), a qualidade ambiental deve ser encarada não só como o somatório das qualidades de cada um dos componentes do meio, mas como condição essencialmente ligada à qualidade de vida das populações.

Finalmente, devemos destacar a importância do florestamento flúvio marginal: a mata ciliar tem a função de reter as partículas sólidas inorgânicas e orgânicas transportadas em suspensão pelas águas pluviais. Por ser uma área construída, o lago Igapó possui uma legislação a qual legaliza as ocupações. Quanto a mata ciliar, Brasil (1965) aponta: “Exige a autorização do Executivo federal para supressão de vegetação nativa em APP e para situação onde for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.”



Figura 19 - Ocupação em área de risco nas margens do córrego da Mata. Fonte: Pedro Höfig, 2012

No córrego da Mata, todavia, cumpre-se a lei de 30m de florestas flúvio marginal para rios de até 10m de largura, mas a Área de Preservação Permanente (APP) não é respeitada, já que nota-se a existência de ocupações em área de risco (figura 19).

5- CONCLUSÃO

A tropicalidade do clima (distribuição, quantidade e intensidade das chuvas), a retirada da cobertura vegetal e o uso e manejo inadequado do solo faz com que a área de estudo seja susceptível a erosão. É comum que um lago se assoreie, já que o processo de sedimentação atua intensamente devido ao baixo gradiente. Com mais cuidado da bacia – essencialmente dos lotes sem construção – os processos erosivos seriam menos intensos, considerando as características químicas e físicas dos solos.

É imprescindível o uso racional da terra; cada solo tem um limite máximo de possibilidade de uso no qual pode ser explorado sem riscos de erosão. O conhecimento das peculiaridades de cada tipo de solo é que condiciona seu melhor aproveitamento.

É sabido que nenhuma espécie se perpetua e que o conceito de sustentabilidade não é científico. Todavia, é interessante aproveitar o momento em que o mercado está se beneficiando da propagação de preservação do verde e do modo de vida sustentável. É uma grande oportunidade para refletirmos sobre nosso modelo de mundo.

O homem inevitavelmente altera o ambiente e parte do sistema, agindo e interagindo com os demais componentes. Ocupar de forma ordenada o território se reverterá em qualidade ambiental satisfatória, o que, por conseguinte, deve melhorar a qualidade de vida humana. Não se prega aqui um reflorestamento da área, até porque se sabe que o homem gosta de áreas claras, de tal forma que a convivência com espaços densos de vegetação e a conseqüente vida biológica é algo problemático. Cidades com corredores ecológicos, por exemplo, possuem problemas com a proliferação da leishmaniose. A atração de animais oriunda de um fundo de vale com mata originária incomoda os moradores.

A inserção urbana no meio físico deve vir ocorrida de um estudo prévio da área e de um planejamento. Portanto, as soluções necessárias são integradas, mantendo os aspectos naturais e construindo obras urbanas. Acredita-se que a atitude da confecção de um lago é algo positivo, já que valoriza-se o contexto paisagístico da cidade e aproxima a população de um recurso hídrico que possivelmente seria tratado como depósito de resíduos. Essa aproximação gera apego ao lago e, com isso, é mais natural que se conserve. Só se conserva o que se gosta.

As obras técnicas devem aproximar a população do curso hídrico, considerando seus aspectos naturais, de tal forma que valorize o lado paisagístico e ambiental. Ao contrário dos grandes rios, pequenos cursos d'água e córregos sucumbem facilmente à urbanização.

Ao tratar-se de impactos socioeconômicos e culturais, é preciso ter ciência de que todo julgamento será permeado por ideologias e que, portanto, aquilo que for considerado negativo por alguns não será para outros. O Estado não governa de acordo com uma racionalidade fundamentada nos princípios de equilíbrio social, econômico e espacial; a ação do Estado é marcada pelos conflitos de interesses dos diferentes membros da sociedade de classes, bem como das alianças entre eles.

Muito embora a sustentabilidade não seja um conceito científico inquestionável, deve-se sempre ir em busca de sua proximidade ambiental, econômica e social. Analisando estes 3 fatores, temos condições de analisar se o empreendimento, em geral, é benéfico ou maléfico para a sociedade. O Estado, como representante da sociedade e detentor de maiores informações para atuar em benefício da coletividade, deve agir quando algo é econômico para o indivíduo mas não o é para o conjunto social; isso ocorre quando origina danos foras dos limites da propriedade, como o aporte de sedimentos em corpos hídricos e estragos nos caminhos e na rede de drenagem.

A classificação dos solos deve ser uma ferramenta para a ocupação do espaço de maneira mais racional. Os Latossolos dominam a maior parte das elevações com grau de dissecação baixo a médio de vertente convexas. Nestas paisagens, têm sua distribuição desde o topo até o terço inferior, onde cede lugar para os Nitossolos Vermelhos. A partir do terceiro nível categórico, pode-se ter alterações se comparado aos perfis analisados: o Eutroférico pode se tornar Distroférico, essencialmente na ordem dos Latossolos.

Sob vegetação densa, em todos os casos a vulnerabilidade à erosão é quase nula. Todavia, considerando a sustentabilidade ambiental, econômica e social do sistema em que vivemos, sabe-se da necessidade dos loteamentos.

Em terrenos de Cambissolo Háplico (pouca abrangência) a suscetibilidade à erosão é quase inexistente por localizar-se em locais já ocupados e asphaltados ou em mata secundária. Aconselha-se a manutenção da vegetação primária ou secundária em áreas não urbanizadas, já que chuvas de intensidades moderadas saturam facilmente

esses solos; somado às fortes declividades e a forma de relevo que propicia a convergência hídrica, provoca-se o escoamento superficial.

Em terrenos de Gleissolo Háplico, o fenômeno da erosão é inexistente mesmo sob gramíneas. Entretanto, destaca-se ainda o fato de tratar de Áreas de Preservação Permanentes (APP) respeitadas no tocante a manutenção da vegetação; onde não se tem mata, foram criados lagos.

Em áreas de Latossolo Vermelho, com a classe de ocupação atual das terras, o potencial atual à erosão laminar é baixo, já que o uso atual do solo (vegetação de pequeno porte com intensa atividade antrópica) é compatível com a suscetibilidade à erosão laminar desta classe de solos. Com vegetação, o volumoso material que se mistura ao solo melhora as condições de aeração e de estabilidade.

Contudo, destaca-se a compactação existente no horizonte superficial. Esta elimina os macroporos, dificulta a infiltração e favorece o escoamento superficial. Portanto, em áreas de latossolos, deve-se atentar para o horizonte superficial, muitas vezes antropizado. Ressalta-se a importância de análise morfológica de cada loteamento, uma vez que a compactação da camada superficial altera esta realidade. Nestes casos, sugere-se a plantação de nabos forrageiros como forma de combate biológico à compactação e o conseqüente escoamento superficial.

Já as áreas de Nitossolos são enquadradas como médio potencial à erosão laminar: o uso atual do solo é incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas. Os Nitossolos Vermelhos apresentam maior suscetibilidade à erosão não apenas por razões intrínsecas ao corpo do solo (como estrutura em blocos, o que incorre necessariamente em menor velocidade de infiltração de água), mas, principalmente por estarem associados a declividades altas - muitas vezes superiores a 15%. Ademais, a sua ocorrência em terço inferior de encostas muito longas favorecem a maior velocidade de enxurrada, dificultando o componente perpendicular.

Destaca-se que já é instituído por lei a existência de muretas em terrenos sem edificações. Neste caso, mantendo-se o uso atual, sugere-se a utilização de técnicas de terraceamento ou curvas de nível, visando a diminuição das taxas de erosão do solo a níveis seguros, o que (atrelado às muretas, devido à impermeabilização urbana)

acarretaria em níveis aceitáveis de deposição de sedimentos no ribeirão Cambé e seus lagos.

Com isso, a presente pesquisa não se opõe à urbanização. Entretanto, observou-se a impossibilidade de deixar de agir considerando todos os fatores físicos locais, estudando e planejando uma ocupação.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO FILHO, J. C. de. Relação solo e paisagem no bioma Caatinga. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 14., Dourados. **Dinâmica socioambientais: das interações às interdependências**. Dourados: UFGD, 2011.

ARAÚJO, Q. R. de ; ARAÚJO, M. H. S. ; SAMPAIO, J. O. Análise do risco de erosão em bacias hidrográficas: estudo de caso das bacia hidrográficas dos rios Salomé e Areia, sul da Bahia. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e práticas**. Ilhéus: Editus, 2002.

ARCHELA, R. S.; BARROS, M. V. F.; BARROS, O. N. F.; GRATÃO, L. H. B.; MELLO, N. A. de; THÉRY, H. – Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/NATURAL/TiposdeSolos.jpg>> Acesso em 13 Jun. 2010.

AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; MARTINS, S. G.; BESKOW, S.; FONSECA, S. Soil losses prediction in a small watershed using an integration of USLE and GIS. In: Escuela Latinoamericana de Física de Suelos, X, 2009, Lavras, **Anais...** Ghent: International Centre for Eremology, 2009. P. 99-102.

AYOADE, J. O. Classificações climáticas e climas regionais. In: AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007.

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

BIASE, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. In: Revista do Departamento de Geografia. v.6. São Paulo FFLCH-USP, 1995.

BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; GOMES, J. B. V.; CAVIGLIONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. de. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina**. Londrina: IAPAR, 2011.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo código florestal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm> acesso em 13 de novembro de 2011.

CAMPOS, R. A.; STIPP, M. E. F.; STIPP, N. A. F. R. Estudos sobre o potencial erosivo na área de uma bacia hidrográfica no município de Londrina-PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. p. 1-17.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo ditrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e método de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 22, n. 13, p. 527-538, jul. 1998.

CASTRO, S. S. de. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T. ; SILVA, A. S. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher, 1980.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, 2004.

DALBIANCO, Leandro et. al. Estabilidade dos agregados após a calagem superficial em um latossolo vermelho sob um plantio direto. In: Conquistas e desafios da ciência do solo Brasileira, XXXI, 2007, Gramado. **Anais...**

ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia: um repasse bibliográfico**. Campinas: Unicamp, 2009.

FERNANDES BARROS, O. N. Formação De Horizontes Pedológicos Em Solos Sobre Basalto (Londrina-PR-Brasil) E Ação Biológica No Intemperismo. Tese apresentada ao Departamento de Geografia - FFLCH/USP, para a obtenção do Grau de Doutor em Geografia Física. Ed. do Autor, 1996.

FERNANDES, L. A.; LOPES, P. S. do N.; D'ANGELO, S.; DAYRELL, C. A.; SAMPAIO, R. A. Relação entre o conhecimento local, atributos químicos e físicos do solo e o uso das terras. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, 32:1355-1365, 2008.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; SPAROVEK, G. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na bacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP. **Pesq. Agr. Brasil**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 671-679, abril 2000.

FUJIHARA, A. K. Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa bacia do Oeste Paulista com suporte de geoprocessamento. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002. Dissertação de Mestrado da Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz. FONSECA, A. do C. **Geoquímica dos solos**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise de processos erosivos. In: ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, n. 19, 1996, Rio de Janeiro-RJ. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

KER, N; CURI, N; SCHAEFER, C. E.G.R., TORRADO, P. V. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa-MG: SBCS, 2012, 343p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MAACK, R. **Geografia Física do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olímpico, 1981.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

MEDEIROS, R. M. V. A relevância dos aspectos sociais nos estudos de impacto ambiental. In: Verdum, R.; MEDEIROS, R. M. V. **RIMA: Relatório de Impacto Ambiental: legislação, elaboração e resultados**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. Porto Alegre: Gênese, 2004.

MINEROPAR – Disponível em:
<<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=7>>
Acessado em 13 Jun. 2010.

MOSSIMANN, T. **Integration des Bodenschutzes in die Raumplanung: Ziele, Konzept und Methodik zur Bestimmung besonders schutzwürdiger Bodenflächen am Beispiel des Kanton Basel-Landschaft**. Liestal: Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft, 1999.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 13, p. 531-538, jul. 2001.

MIYAUCHI, Maria Yumi Horta. **Propriedades microbiológicas e bioquímicas do ciclo do carbono em solo sobre diferentes coberturas vegetais**. Londrina:

Universidade Estadual de Londrina, 2007. Dissertação de Mestrado da Escola de Biologia.

NUCCI, J.C.; CAVALHEIRO, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas – conceito e método. **GEOUSP** n.6, 1999, p.29-36.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues ; PERUSI, Maria Cristina ; PETERLINI, G. H. C. ; TIEZZI, R. O. ; PISANI, R. J. ; SANTANA, E. L. . Variações texturais dos Latossolos Vermelhos do Assentamento Rural Antônio Conselheiro-Mirante do Paranapanema/SP. **Geografia em Atos (UNESP)**, Presidente Prudente-SP, v. 1, p. 30-39, 2006.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil Tillage Res.**, v. 79, p. 131-143, 2004.

PALMIERI, F; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

PRESS, F.; GROTZINGER, J. ; SIEVER, R. ; JORDAN, T. H. ; Intemperismo e erosão. In: **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1969.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora UFLA, 2007.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras**: um sistema alternativo. Guaíba: Agrolivros, 2007.

SILVA, A. S. da. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SILVA, T. G. da; TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E.; GOMES, E. C. Utilização de álgebra de mapas para caracterização dos solos da bacia hidrográfica do rio Catorze. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XV, 2011, Curitiba, **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 4840-4847.

SILVEIRA, C. T.; FIORI-OKA, C; FIORI, A. P.; ZAI, C. Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba/Paraná. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** Itajaí: UFG, 2006.

SPIRN, A.W. **O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

TAGIMA, N.; TERABE, N. I. **Bacia do ribeirão Cambé: diagnóstico físico-ambiental e mapeamento detalhado de solos.** Londrina: Grafor Indústria Gráfica e Editora Ltda., 2005.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. de. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade da chuva e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro-SP, v. 2, n. 2, p. 107-123, jul/dez 2007.