

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – CURSO DE MESTRADO

ADEVANILDE CRISTINA BUENO CASTELAR ROMÃO

**O USO DE GEOINDICADORES NA ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO
RIBEIRÃO SÃO TOMÉ – CIANORTE E SÃO TOMÉ, PR**

MARINGÁ – PR
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ADEVANILDE CRISTINA BUENO CASTELAR ROMÃO

**O USO DE GEOINDICADORES NA ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO
RIBEIRÃO SÃO TOMÉ – CIANORTE E SÃO TOMÉ, PR**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá – PR.

Orientadora: Prof^ª.Dr^ª. Marta Luzia de Souza

MARINGÁ – PR
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

R761u Romão, Adevanilde Cristina Bueno Castelar
O uso de geoindicadores na análise ambiental da
bacia do ribeirão São Tomé - Cianorte e São Tomé,
PR. / Adevanilde Cristina Bueno Castelar Romão. --
Maringá, 2010.
xii, 102 f. : il. color., figs., tabs. grafs.

Orientadora : Prof.^a Dr.^a Marta Luzia de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Geografia,
2010.

1. Bacia do Ribeirão São Tomé - Cianorte e São
Tomé, PR - Análise ambiental. 2. Bacia do Ribeirão
São Tomé - Cianorte e São Tomé, PR - Sistema
socioeconômico. 3. Bacia do Ribeirão São Tomé -
Cianorte e São Tomé, PR - Sistema físico-natural. 4.
Geoindicadores. 5. Paisagem - Análise ambiental. I.
Souza, Marta Luzia de, orient. II. Universidade
Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

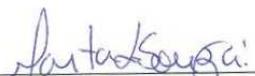
CDD 21.ed. 918.162

**“O USO DE GEOINDICADORES NA ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO
RIBEIRÃO SÃO TOMÉ – CIANORTE E SÃO TOMÉ, PR.”**

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **28 de maio de 2010**.

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Marta Luzia de Souza
Orientadora-presidente
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Paulo Nakashima
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof.ª Dr.ª Silvia Meri Carvalho
Membro convidado
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Dedico esta pesquisa:

Em primeiro lugar a Deus pelo Dom da vida.

Aos meus pais Nilva e Jayr por terem me ensinado que todo trabalho deve ser acompanhado de muita persistência.

E ao meu esposo Eduardo pelo apoio incondicional nos momentos de dificuldade

AGRADECIMENTOS

À Profª. Drª. Marta Luzia de Souza, pela orientação, atenção e apoio em todas as etapas desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pelos espaços de estudo, pelas disciplinas ofertadas e pelo apoio científico.

Ao Departamento de Geografia e ao GEMA (Grupo de Pesquisas Multidisciplinares do ambiente), pelos espaços e equipamentos concedidos durante a execução da pesquisa.

Aos amigos do GEMA, especialmente ao Pedro pelo apoio nas aulas de campo, a Crislaine, Maria Estela, Edivando e Ordilei pela troca de experiências e colaboração com os *softwares* utilizados durante a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Nelson Vicente e ao Prof. Dr. Paulo Nakashima pelas contribuições na banca de Qualificação.

A Prefeitura Municipal de Cianorte representada pelo funcionário Marcus Vinicius pela concessão de materiais cartográficos e de informações essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

De tudo ficaram três coisas:

A certeza de que estamos começando...

A certeza de que é preciso continuar...

A certeza de que podemos ser interrompidos

antes de terminar...

(Fernando Sabino)

RESUMO

A avaliação das condições ambientais em uma bacia hidrográfica envolve questões relacionadas à dinâmica do sistema físico-natural e a organização do sistema socioeconômico. Nesse contexto destaca-se a presente pesquisa que teve como objeto de estudo a bacia do ribeirão São Tomé, que está localizada na Região Noroeste do Paraná e integra os municípios de Cianorte e São Tomé. O objetivo central da pesquisa foi realizar a avaliação ambiental da bacia por meio do levantamento e da classificação dos geoindicadores, segundo o modelo ambiental de Pressão, Estado e Resposta, proposto pela *Organization for Economic Cooperation and Development*. Essa caracterização foi realizada a partir da análise dos elementos que compõem o sistema socioeconômico como o processo de ocupação da região Noroeste, a evolução demográfica dos municípios integrados à bacia e os tipos de propriedades rurais presentes na área. Para o sistema físico-natural foram levantadas as condições atuais de atributos como o clima, o relevo, o substrato rochoso, o solo, as águas superficiais e a vegetação. Todo processo que integrou as análises dos referidos sistemas foi marcado pela elaboração de produtos cartográficos como: gráficos, mapas e cartas temáticas. Destaca-se o mapa representando as frentes pioneiras que agiram na ocupação de algumas regiões do Estado, o mapa representando a distribuição dos diferentes substratos rochosos na bacia. Quanto às cartas temáticas foram elaboradas as cartas de declividade, hipsométrica e de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2009. A interpretação dos produtos cartográficos apresentados, juntamente com a coleta de dados em campo proporcionou a classificação dos seguintes geoindicadores para o grupo de pressão: uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2009 e as fontes de degradação de 2009. Para os geoindicadores de estado foram elencadas as classes de declividade, as classes hipsométricas e os distintos substratos rochosos presentes na bacia. E por fim como geoindicadores de resposta foram propostos o reflorestamento das nascentes e da mata ripária nas proximidades dos cursos d'água, o planejamento adequado para a instalação de galerias pluviais, a recuperação de feições erosivas nas margens dos cursos d'água além de programas de conscientização dos agricultores para preservação das Áreas de Reserva Legal. A partir do modelo de geoindicadores apresentado obteve-se uma visão global das condições do sistema físico-natural da bacia do ribeirão São Tomé e das pressões exercidas sobre ele pelas atividades antrópicas, permitindo com isso que sejam desenvolvidas medidas que são as respostas por parte da sociedade e dos Órgãos Públicos e privados em atenção ao problema apresentado.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, análise ambiental, geoindicadores

ABSTRACT

The evaluation of environmental conditions in a hydrographic basin involves issues on the dynamics of physical and natural dynamics and the organization of the social and economical system. Current research studies stream São Tomé basin in the northwestern region of the state of Paraná, Brazil, and integrates the municipalities of Cianorte and São Tomé. The main objective is the evaluation of the basin's environment by data collection and classification of geo-indicators according to the Pressure, State and Response environmental model suggested by the Organization for Economic Cooperation and Development. The latter was undertaken by the analysis of items forming the social and economical system as a settlement process of the northwestern region, the demographic evolution of the municipalities within the basin and the types of farms in the region. Data on current conditions with regard to climate, relief, land use, soil, surface waters and vegetation were collected from the physical and natural system. The entire process that integrated the above systems has been registered through the elaboration of cartographic products, such as, graphs, maps and thematic charts. The map with pioneer fronts, active in the settlement of some of the State's regions, is highly representative, or rather, the map with the distribution of different land use in the basin. In the case of thematic charts, the declivity, hypsometry and soil occupation between 1985 and 2009 were undertaken. The interpretation of cartographic products, coupled to data field collection, triggered the classification of the following geo-indicators for the pressure group: use and occupation of soil between 1985 and 2009 and degradation sources for 2009. In the case of the state's geo-indicators, the classes of declivity, hypsometry and the distinct rocky layers in the basin were listed. Response geo-indicators consisted of reforestation of water sources and riparian vegetation close to the water courses, adequate planning for rainwater galleries, the recuperation of erosion features on the banks of the water courses, and conscious-raising programs on the preservation of Legal Reserves for farmers. The geo-indicators model gave a wholesome idea on the conditions of the physical and natural system of the stream São Tomé basin and on the extant pressures by man-made activities. Activities as responses of the community, private societies and civil authorities could be developed as an answer to the issues under analysis.

Key words: hydrographic basin; environmental analysis; geo-indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de bacia hidrográfica com seus limites e processos.....	19
Figura 2: Esquema sobre a estrutura da avaliação ambiental utilizando-se dos geoindicadores.....	23
Figura 3: Definições dos geoindicadores de “Pressão-Estado-Resposta”.....	26
Figura 4: Modelo teórico-metodológico utilizado na aplicação dos geoindicadores na avaliação ambiental do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	34
Figura 5: Localização da área em estudo.....	48
Figura 6: Frentes pioneiras na ocupação do norte e noroeste do Estado do Paraná.....	50
Figura 7: Alto curso do ribeirão São Tomé assoreado.....	57
Figura 8: Feição erosiva indicando a ação erosiva da chuva no alto curso da bacia em estudo.....	57
Figura 9: Compartimentos geomorfológicos propostos por Maack (2002) para o Estado do Paraná.....	58
Figura 10: Hipsometria da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	59
Figura 11: Expansão da área urbana e o Parque Municipal Cinturão Verde.....	60
Figura 12: Culturas temporárias com vista para as áreas reservadas à preservação da vegetação.....	60
Figura 13: Declividade da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	62
Figura 14: Vertente característica de relevo ondulado no médio curso da bacia em estudo	63
Figura 15: Vertente sob relevo suave no alto curso da bacia do ribeirão São Tomé.....	63
Figura 16: Feição erosiva do tipo ravina no médio curso da bacia com declividade de 16-30%.....	64
Figura 17: Localização dos perfis transversais na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	65
Figura 18: Perfis Transversais A-B, C-D e E-F na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	66
Figura 19: Vertentes convexas ocupadas por culturas temporárias.....	67
Figura 20: Vertentes convexas com vista para a cidade de São Tomé.....	67
Figura 21: Substrato rochoso da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	69
Figura 22: Camadas de arenito estratificado no alto curso do ribeirão São Tomé.....	70

Figura 23: Presença do basalto com a formação de quedas d'água no médio curso do ribeirão São Tomé.....	71
Figura 24: Solos da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	74
Figura 25: Vertente sob a Formação Serra Geral ocupada em parte pela cultura anual no médio curso da bacia do ribeirão São Tomé.....	75
Figura 26: Solo resultante da Formação Caiuá ocupado por cultura temporária.....	76
Figura 27: Área de pastagem limitando-se com áreas de culturas temporárias no médio curso da bacia em estudo.....	76
Figura 28: Drenagem da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	78
Figura 29: Barragem desativada na bacia do ribeirão São Tomé e a configuração atual do canal de drenagem.....	79
Figura 30: Hierarquia fluvial segundo a proposta de Strahler (1952) para a bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	80
Figura 31: Disposição de resíduos sólidos no interior do Parque Cinturão Verde.....	86
Figura 32: A presença de galerias pluviais com destaque para o processo de assoreamento e para a disposição de resíduos sólidos, num trecho do alto curso da bacia em estudo.....	86
Figura 33: Espécie vegetal invasora na área de domínio da mata ripária no ribeirão São Tomé/PR.....	87
Figura 34: Propriedades agrícolas e áreas periurbanas destacando as Áreas de Reserva Legal	88
Figura 35: Uso do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para o ano de 1985.....	93
Figura 36: Uso do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para o ano de 2009.....	96
Figura 37: Ampliação de culturas temporárias e da área urbana nas áreas voltadas a preservação ambiental.....	98
Figura 38: Caixas para contenção de feições erosivas.....	98
Figura 39: A presença de galerias pluviais com destaque para o processo de assoreamento e para a disposição de resíduos sólidos, num trecho do alto curso da bacia em estudo.....	100
Figura 40: Culturas temporárias cultivadas na bacia em estudo.....	101
Figura 41: Extração do basalto no médio curso da bacia.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geoindicadores: influências naturais x influências humanas.....	22
Tabela 2: Problemas geológicos de origem natural e antrópica.....	25
Tabela 3: Geoindicadores para áreas urbanas.....	26
Tabela 4: Fontes de dados sobre geoindicadores	28
Tabela 5: Características morfométricas avaliadas na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR.....	36
Tabela 6: Influências naturais x influências humanas dos geoindicadores aplicados na bacia do ribeirão São Tomé/PR.....	39
Tabela 7: Hierarquia fluvial segundo Strahler (1952) para a bacia em estudo.....	81
Tabela 8: Relação de bifurcação da bacia em estudo.....	82
Tabela 9: Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem da bacia em estudo.....	82
Tabela 10: Número de canais e a grandeza média do equivalente vetorial da bacia em estudo.....	83
Tabela 11: Relação do equivalente vetorial da bacia em estudo.....	83
Tabela 12: Densidade de drenagem da bacia em estudo.....	84
Tabela 13: Densidade de drenagem do compartimento da Formação Caiuá e da Formação Serra Geral na bacia em estudo.....	84
Tabela 14: Geoindicadores identificados na bacia do ribeirão São Tomé/PR.....	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da população do município de Cianorte (1970-2007).....	51
Gráfico 2: Evolução da população do município de São Tomé (1970-2007).....	52
Gráfico 3: Evolução da população urbana dos municípios de Cianorte e São Tomé (1970-2007).....	53
Gráfico 4: Ocupação das áreas rurais nos municípios de Cianorte e São Tomé.....	54
Gráfico 5: Médias anuais de precipitação para o período de 1976 a 2009.....	55
Gráfico 6: Médias mensais de precipitação para o período de 1976 a 2009.....	55
Gráfico 7: Percentuais de uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para os anos de 1985 e 2009.....	97
Gráfico 8: Área ocupada pelas classes hipsométricas na bacia em estudo.....	103
Gráfico 9: Área ocupada pelas classes de declividade na bacia em estudo.....	104

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. BASES TEÓRICAS DA PESQUISA.....	17
2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS - UNIDADE DE ESTUDO E MORFOMETRIA.....	17
2.2 GEOINDICADORES E APLICAÇÃO DO MODELO “PRESSÃO-ESTADO- RESPOSTA”	21
2.3 APLICABILIDADE DOS GEOINDICADORES.....	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA E ORGANIZAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA...	33
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA ÁREA DE ESTUDO: ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA.....	35
3.3 ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	39
3.4 IDENTIFICAÇÃO DE GEOINDICADORES.....	44
3.5 EQUIPAMENTOS E <i>SOFTWARES</i> UTILIZADOS.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES PRELIMINARES.....	47
4.1 BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ.....	47
4.2 SISTEMA SOCIOECONÔMICO.....	49
4.3 SISTEMA FÍSICO-NATURAL.....	54
5. DISCUSSÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS GEOINDICADORES DA ÁREA DE ESTUDO.....	89
5.1 GEOINDICADORES DE PRESSÃO.....	89
5.2 GEOINDICADORES DE ESTADO.....	102
5.3 GEOINDICADORES DE RESPOSTA.....	104
6. CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS.....	109

1. INTRODUÇÃO

As condições atuais dos atributos do meio físico são em parte resultantes das diferentes formas de organização da sociedade, intensificadas pelos processos de modernização na agricultura, de industrialização e de urbanização, onde as ações antrópicas passaram a intervir na evolução natural desses componentes. Dessa forma a avaliação ambiental não pode ser realizada apenas sob o ponto de vista físico, uma vez que deve ser entendida de forma global, considerando-se a relação existente entre a degradação natural e a sociedade, relação que pode ser uma das causadoras das alterações ocorridas nos recursos naturais.

Nesse contexto, encontra-se a pesquisa desenvolvida na bacia do ribeirão São Tomé localizada na região Noroeste do Paraná, que integra os municípios de Cianorte e São Tomé. A bacia é delimitada pelas coordenadas geográficas de 23°26'15" e 23°40'16" de latitude Sul e 52°26'16" e 52°39'22" de longitude Oeste. Na referida região foi desenvolvido um modelo de ocupação que ao longo dos últimos 50 anos pode ter sido desencadeador de uma acelerada degradação dos recursos naturais, o que provavelmente favoreceu numa visível deterioração da qualidade ambiental desta porção do Estado.

O modelo de ocupação da região Noroeste do Paraná foi inicialmente impulsionado pela implantação da cultura cafeeira, que resultou no desmatamento da floresta nativa, que se reduziu a pequenas manchas de floresta alterada. Essa prática expôs parcelas do solo aos agentes erosivos, promovendo o transporte do solo fértil para os cursos d'água, que passaram a apresentar taxas de assoreamento.

Diante da correlação existente entre as atividades antrópicas e as condições do meio físico, fez-se necessário na pesquisa desenvolvida adotar uma unidade de estudo que contemplasse essa dinâmica, e a bacia hidrográfica pode ser apontada como um referencial no desenvolvimento da pesquisa. Uma vez que apesar da mesma ser constituída por uma unidade natural representada por canais de drenagem naturais, ela integra elementos como o relevo, o solo, o substrato rochoso, os elementos climáticos e a flora. E do ponto de vista antrópico, a bacia hidrográfica mantém as atividades socioeconômicas e político-administrativas, muitas vezes de um ou mais municípios.

Para avaliar os efeitos das atividades humanas sobre a dinâmica regular dos recursos naturais, devem ser selecionados métodos de análise que contemplam o levantamento de forma individual e também integrada dos elementos ambientais. Tais pressupostos de avaliação podem ser obtidos a partir do levantamento de indicadores geológicos e

geomorfológicos, ou seja, dos geoindicadores que integram nas suas bases teóricas uma análise físico-natural do ambiente e que permite uma associação dessa análise com as formas de organização do meio socioeconômico, sendo que o monitoramento deve ocorrer em áreas afetadas por alterações ambientais ocorridas em períodos inferiores a cem anos.

O objetivo central dessa pesquisa foi realizar a análise ambiental da bacia do ribeirão São Tomé por meio do levantamento de geoindicadores, que foram classificados segundo o modelo ambiental de Pressão, Estado e Resposta.

Este modelo foi empregado com intuito de avaliar as condições dos atributos que fazem parte do sistema físico-natural diante da organização do sistema socioeconômico, chegando assim a proposição de medidas que são as respostas que podem orientar na tomada de decisões por parte dos órgãos públicos e privados, na tentativa de amenizar e prevenir os problemas ambientais atuais e futuros que norteiam esses sistemas.

Diante do contexto em que se segue à dissertação, a mesma foi estruturada nas seguintes partes: a introdução que aborda alguns aspectos preliminares sobre o processo de ocupação da área, juntamente com as justificativas e os objetivos da pesquisa. Diante da importância de um embasamento teórico sobre o tema, foram levantadas as bases teóricas das bacias hidrográficas e dos geoindicadores na segunda parte e de alguns trabalhos que exemplificaram sua aplicabilidade em alguns países e no Brasil.

A terceira parte compreende os procedimentos metodológicos adotados, as bases cartográficas, equipamentos e *softwares* utilizados durante a pesquisa. Em seguida fez-se uma caracterização da bacia em estudo, resultando na quarta parte, com as análises sobre a dinâmica que envolve os sistemas físico-natural e socioeconômico. Na quinta parte são apresentadas as discussões dos geoindicadores levantados na bacia e as classificações dos mesmos segundo os grupos – Pressão, Estado e Resposta. A penúltima parte da dissertação é marcada pelas conclusões onde foram apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa, como as considerações a respeito do geoindicadores levantados na área e a importância do Sistema de Informação Geográfica na análise ambiental da bacia do ribeirão São Tomé.

2. BASES TEÓRICAS DA PESQUISA

No decorrer desta parte da dissertação serão abordadas as bases teóricas nas quais fundamentam as análises da degradação ambiental, principalmente as desenvolvidas em bacias hidrográficas, destacando para tanto a função dos geoindicadores.

Dentre os diversos ramos da Ciência que desempenham a função de pesquisar e realizar uma análise ambiental a Geografia se destaca, pois segundo Christofolletti (1996) ela estuda as organizações espaciais que são compostas pelas características dos sistemas físicos e socioeconômicos, representados por um conjunto de elementos altamente complexos. Tais complexidades podem ser analisadas sob perspectivas holísticas ligadas a esses sistemas dinâmicos e funcionais.

Nessa perspectiva destaca-se a importância do desenvolvimento de estudos geográficos na avaliação da degradação ambiental, pois de acordo com Guerra e Cunha (1996) considera-se como ambiente o espaço integrado por componentes abióticos e bióticos. Sendo que o processo de ocupação desse espaço, promovido pelas ações antrópicas, atrelado às características dos elementos naturais, de um determinado espaço e num período específico, faz com que esse meio ambiente tenha um caráter dinâmico.

A degradação ambiental para Coelho (2004) é indivisível no estágio de avanço da ocupação, pois torna-se cada vez mais difícil separar impacto biofísico de impacto social. Na produção dos impactos ambientais, as condições do meio físico alteram as condições culturais, sociais e históricas, e são por elas transformadas. Como um processo em movimento permanente, o impacto ambiental é, ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos.

Para Drew (2005) os sistemas naturais mudam com o tempo, mas em longa duração como, por exemplo: as alterações climáticas e a colonização de vegetais. Já dentro da escala humana do tempo, os sistemas naturais parecem estáticos, pois eles oscilam em torno de um equilíbrio dinâmico.

Nessa perspectiva Tucci et al. (1995) salientam que uma das causas dessas mudanças a curto prazo pode ser as drásticas alterações ocorridas no uso e ocupação do solo nas últimas décadas, como exemplo temos o acelerado processo de urbanização e a modernização na agricultura que podem ter provocado mudanças na dinâmica do meio físico.

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS - UNIDADE DE ESTUDO

Atualmente as pesquisas ambientais são marcadas por questões relacionadas à necessidade da adoção de uma unidade espacial que contempla o caráter holístico de tais

estudos. Diante disso Carvalho (2009) considera que a bacia hidrográfica tem sido colocada como uma unidade ambiental adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica das interrelações necessárias à análise ambiental principalmente numa abordagem regional.

A bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial, sendo que o limite de uma bacia hidrográfica é conhecido como divisor de águas. As alterações significativas na composição ambiental de determinada porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas à jusante (NETTO, 2003). Significa, portanto, que os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos vão refletir num determinado ponto de saída de uma bacia de drenagem, podendo propagar-se à jusante por meio de bacias de drenagens adjacentes.

As alterações ambientais ocorridas no interior das bacias hidrográficas muitas vezes são ocasionadas pela presença de poluentes pontuais localizados, às vezes, nas cabeceiras de drenagem, que podem ser definidas como as áreas de nascentes que dão origem a um curso fluvial. Guerra e Guerra (2003) enfatizam que estas áreas devem ser preferencialmente pautadas nos estudos de análise ambiental, uma vez que a ocorrência de mudanças nos atributos do meio físico das mesmas pode acarretar em alterações para todo o sistema de drenagem.

As áreas de nascentes têm sua proteção decretada legalmente, de acordo com a Lei Federal nº. 4771, de 15/09/1965, elas são instituídas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), foi estipulado que a cada 50m de largura de cada nascente deve ser reservado para a ocupação da mata ciliar (BRASIL, 1965). Essa lei constata a importância da preservação das cabeceiras de drenagem para a manutenção do funcionamento normal dos recursos físico-naturais que fazem parte das bacias hidrográficas.

Outro fator a ser considerado em estudo das degradações ambientais em bacias hidrográficas é o aumento na produção de sedimentos que tem como causa principal, as diversas construções (casas, avenidas, rodovias, etc.) e a limpeza de terrenos para novos loteamentos. Esses fatos têm consequências ambientais importantes para o sistema fluvial das bacias hidrográficas, uma vez que podem levar ao assoreamento da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, além do transporte de substâncias poluentes agregadas aos sedimentos.

Christofoletti (1997) salienta que os impactos nas condições hidrológicas, devido à ampliação das áreas urbanizadas, também podem repercutir na capacidade de infiltração de água no solo, favorecendo o escoamento superficial e a concentração das enxurradas. A

urbanização pode alterar o funcionamento normal dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, pois interfere no rearranjo dos armazenamentos e na trajetória das águas, podendo acarretar, sobretudo em possíveis efeitos adversos, principalmente no que se refere ao uso da água para consumo.

Dessa forma Rebouças (1997) alerta que o gerenciamento de bacias hidrográficas compreende aspectos relacionados com as condições de uso e ocupação do território e não somente o gerenciamento dos usos múltiplos das descargas dos rios ou de regulação do balanço da oferta/demanda de águas.

As formas de uso e ocupação do território por atividades socioeconômicas, segundo Lima e Fontes (2009) revelam-se impactantes aos recursos naturais que integram as bacias hidrográficas, em intensidade e graus diferenciados e podem afetar a curto ou a longo prazo no arranjo espacial da bacia.

Nesse contexto, Ross e Prette (1998) apontam que mesmo sendo de 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª ordens, a bacia hidrográfica constitui-se numa unidade natural, cujo elemento integrado está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais. Embora a bacia de drenagem tenha como referencial dentro do seu sistema natural a água, isso não a torna automaticamente um único sistema ambiental, tanto no que se refere ao natural, onde são considerados os atributos do meio físico; como o relevo, o solo, o substrato rochoso e a flora (Figura 1), como no que se refere às características do meio antropogênico, quando são consideradas as atividades socioeconômicas e político-administrativas.

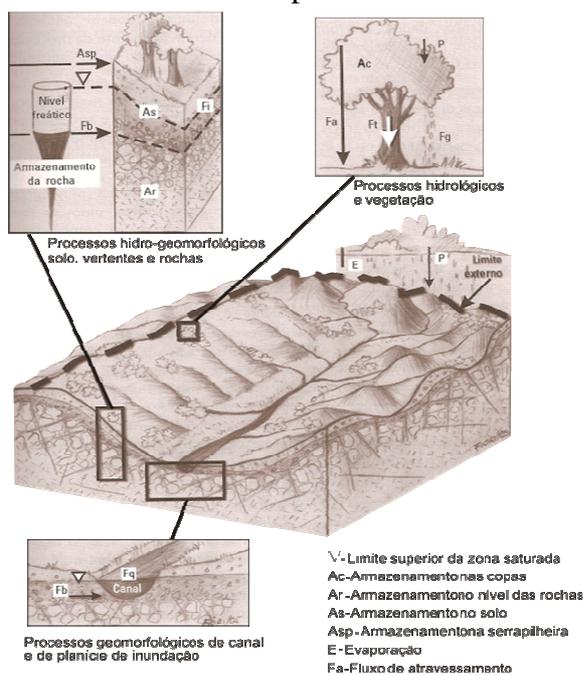


Figura 1: Modelo de bacia hidrográfica com seus limites e processos

Fonte: Rodrigues e Adami (2005, p. 149)

Diante das questões apontadas para o desenvolvimento de estudos em bacias hidrográficas utilizando-se da análise ambiental, destaca-se a presença da análise morfométrica de bacias hidrográficas, uma vez que ela pode fornecer dados referentes às alterações físicas que ocorreram na mesma, abordando seus aspectos linear, areal e hipsométrico, em períodos distintos.

Essa perspectiva quantitativa teve sua gênese em meados da década de 1940 com os trabalhos de Horton (1945), que se expandiu nas décadas de 1950, 1960, e 1980, em consequência do surgimento de vários trabalhos como os desenvolvidos por Freitas (1952), Strahler (1952), Schumm (1956), Tolentino et al. (1965), Christofolletti (1980), dentre outros que se mostraram preocupados com a análise e a descrição dos variados aspectos relacionados à morfometria das bacias hidrográficas.

A análise morfométrica na bacia do ribeirão São Tomé fundamentou-se na proposta de Strahler (1952) por apresentar algumas especificidades importantes como a classificação fluvial do canal principal, pois o autor coloca em seus trabalhos que o canal principal de uma bacia hidrográfica deve passar por uma nova classificação a cada bifurcação com canais de ordem inferior. Sendo assim a utilização dessa proposta permite uma análise mais integrada do comportamento dos canais de drenagem.

A aplicação da análise morfométrica segundo Milani e Canali (2000), facilita a compreensão de forma integrada dos processos hidrogeomorfológicos que ocorrem numa bacia hidrográfica, mesmo quando a sua estruturação tenha sofrido intervenções antrópicas, uma vez que a partir de uma análise global, é possível caracterizar os elementos de forma individualizada identificando as alterações ocorridas em cada um.

Neste contexto Pissara et al. (2004) salientam que as características morfométricas do padrão de drenagem podem refletir algumas propriedades do terreno, como a infiltração e o deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a estrutura geológica e com a formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. Portanto, estão entre as classes de informações morfológicas que determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens.

Para Christofolletti (1980) a análise da rede hidrográfica pode levar a compreensão e a elucidação de numerosas questões ambientais, pois as características do canal fluvial devem ser consideradas nos estudos de Planejamento Ambiental, uma vez que os mesmos integram as bacias hidrográficas, servindo como suporte para seu desenvolvimento físico-natural e socioeconômico. Para tanto, é preciso expressar quantitativamente todas as características relacionadas à sua forma e processos, ressaltando que nenhum índice morfométrico, deve ser

considerado de forma isolada, já que sozinhos eles não são capazes de simplificar a complexa dinâmica da bacia, a qual inclusive tem magnitude temporal.

Fundamentando-se nas questões apresentadas é destacado por Christofolletti (1996) que as avaliações ambientais devem ser analisadas por meio de parâmetros que contemplem os efeitos espaciais e temporais. Seguindo esse tipo de abordagem, foi considerada nessa pesquisa a necessidade da aplicação de métodos que levantem variáveis temporais e espaciais em bacias hidrográficas com o intuito de analisar a degradação ambiental, e um caminho encontrado foi utilizar o conceito de geoindicadores ambientais.

2.2 GEOINDICADORES E O MODELO “PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA”

A origem dos geoindicadores ambientais provêm do termo indicador geológico de mudanças ambientais. Segundo Berger (1998), o emprego de geoindicadores é uma proposta de avaliação das mudanças ocorridas nos componentes abióticos das paisagens e dos ecossistemas. Sua aplicação para o monitoramento das condições da paisagem, particularmente no estado do ambiente, pode ajudar os estudiosos das Geociências a contribuir mais efetivamente para a realização de trabalhos interdisciplinares referentes à degradação ambiental.

A introdução do conceito de geoindicadores foi iniciada a partir de 1992 com a criação da Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental pela *International Union of Geological Sciences* – IUGS, onde houve o estabelecimento de um grupo de pesquisa com o propósito de desenvolver indicadores geológicos, esse grupo foi presidido por Antony R. Berger.

O conceito de geoindicadores estabelecido por Berger (1996) foi o seguinte: “medidas de magnitudes, frequências, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos que se estendem por um período máximo de até 100 anos, tendo como cenário de abrangência a superfície terrestre”.

O autor elaborou uma lista com os 27 principais geoindicadores¹ (Tabela 1), caracterizados como uma coleção de ferramentas para avaliar as alterações ocorridas em diferentes ambientes, dentro de qualquer sistema terrestre ou litorâneo, destacando-se algumas características do meio físico e sua respectiva suscetibilidade à influência natural e humana.

¹ Formato padrão é encontrado no endereço: <http://www.lgt.lt/geoin/topic.php?tid=checklist>

Tabela 1: Geoindicadores: influências naturais x influências humanas

Fonte: modificado de Coltrinari (2001)

GEOINDICADOR	INFLUÊNCIA NATURAL	INFLUÊNCIA HUMANA
Química e padrões de crescimento dos corais	*	*
Crostras e fissuras na superfície do deserto	*	X
Formação e reativação de dunas	*	X
Magnitude, duração e frequência das tempestades de poeira	*	X
Atividade em solos congelados	*	X
Flutuações das geleiras	*	◆
Qualidade da água subterrânea	X	*
Química da água subterrânea na zona não saturada	*	*
Nível da água subterrânea	X	*
Atividade cárstica	*	X
Nível e salinidade dos lagos	*	*
Nível relativo do mar	*	X
Sequência e composição dos sedimentos	*	*
Sismicidade	*	X
Posição da linha de costa	*	*
Colapso das vertentes (escorregamentos)	*	*
Erosão de solos e sedimentos	X	*
Qualidade do solo	*	*
Fluxo fluvial	*	*
Morfologia dos canais fluviais	*	*
Acumulação e carga de sedimentos nos rios	*	*
Regime da temperatura em subsuperfície	*	X
Deslocamento da superfície	*	X
Qualidade da água superficial	*	*
Atividade vulcânica	*	◆
Extensão, estrutura e hidrologia das áreas úmidas	*	*
Erosão eólica	*	X

* muito influenciados (as), x pode ser influenciados (as) por, ◆ pouco influenciados (as)

Segundo Canil (2006) essa lista resume as formas de transformação da paisagem, levando em consideração a existência das dificuldades para distinguir as mudanças induzidas pelas ações antrópicas daquelas que ocorrem seguindo a dinâmica natural do ambiente, pautando, sobretudo a importância dos geoindicadores na definição de tais questões.

Para Berger (1998) a referida lista tem a necessidade de ser revisada, permitindo dessa forma que possam ser adicionados geoindicadores, para que sejam registradas todas as questões ambientais que caracterizam e que identificam as mudanças ocorridas nos componentes do meio físico de uma determinada região em estudo.

Além disso, os geoindicadores possibilitam o monitoramento de eventos catastróficos e de eventos mais graduais, que estão evidentes no intervalo de uma vida humana. Coltrinari e

McCall (1995) colocam que sua aplicação pode ser complexa e de custo elevado, mas que na maioria dos casos é relativamente simples e de baixo custo.

Os geoindicadores ambientais destacam-se como sendo investigadores dos problemas que norteiam os recursos disponibilizados pela natureza. Eles apontam diferentes índices de degradação para diferentes localidades, podendo ser considerados de acordo com Coltrinari (2001) como instrumentos de pesquisa, de conhecimento das condições do ambiente e das alterações que nele ocorrem.

Dentro dessa perspectiva Cruz (2008) coloca que cabe aos geoindicadores caracterizar as condições do ambiente que expressam as situações dos atributos do meio físico (solo/rocha, água e biota) diante da tensão humana/natural, completando assim a lacuna de informações necessárias para a avaliação ambiental de diferentes localidades. A organização dessas informações é ilustrada na figura 2.

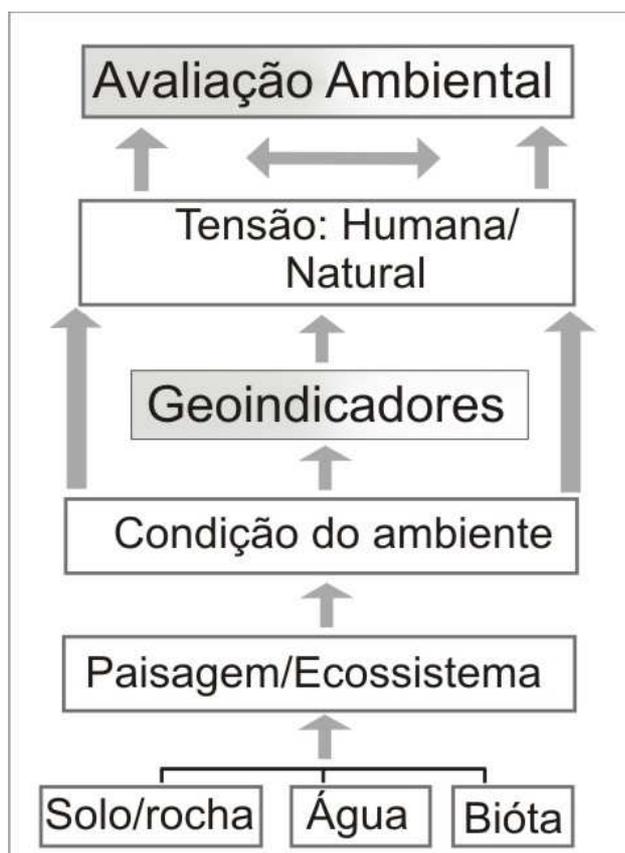


Figura 2: Esquema sobre a estrutura da avaliação ambiental utilizando-se dos geoindicadores

Fonte: Berger (1996 apud Cruz 2008, p. 29)

Para Berger (2002) os geoindicadores podem ajudar a promover respostas para a referente questão: "o que é necessário monitorar no ambiente"? Eles podem guiar estudos para localidades que sofreram ou que podem sofrer drásticas alterações ambientais em um

curto período de tempo, sendo de fundamental importância para a manutenção de muitos ecossistemas que ocupam essas áreas.

Nos estudos ambientais onde são aplicados os geoindicadores, a maior ênfase é dada para os componentes físicos do ambiente, destacando-se, entretanto a influência que as ações antropogênicas exercem sobre os mesmos, alterando suas condições naturais e podendo levá-los a degradação. No que se refere a essa problemática, Coltrinari (2001) destaca que as atividades humanas podem ser consideradas como a mais recente das “explosões” de mudanças de curto prazo, em especial nos últimos cinquenta anos, que têm progredido com velocidade inusitada e envolvendo mudanças maiores e diferentes nos fluxos de matéria e energia nos ecossistemas, podendo alterar seu equilíbrio.

Além disso, a autora ressalta também que as atividades humanas representam para as mudanças ambientais, transformações que estão fortemente concentradas, da mesma forma que suas consequências ambientais, que resultam em modificações das paisagens terrestres.

A distinção entre as alterações ambientais acarretadas pela dinâmica do meio físico das provocadas ou aceleradas pela ação das atividades antrópicas, tem sido abordada por vários autores, dentre eles pode ser destacado Suguio (2001) que apresenta uma relação diferenciando os problemas geológicos de origem natural dos de origem antrópica (Tabela 2).

Ao mesmo tempo em que os ambientes naturais afetam as pessoas, as atividades humanas interagem com a natureza em cada canto da terra. Sendo assim as distinções entre os processos naturais e os induzidos pelo homem não são fáceis de serem realizadas e, portanto, nem sempre é possível separar os efeitos ambientais induzidos pelas atividades humanas dos causados pela dinâmica natural da Terra, que ocorreriam sem a presença do homem (SUGUIO, 2001, p. 323).

A natureza em geral, não intensifica bruscamente as suas atividades, mas a população multiplicou-se geometricamente e a tecnologia da qual a maioria da humanidade passou a depender requer energia, espaço, e recursos cada vez mais crescentes. Portanto, o homem está exercendo pressão sobre os recursos naturais devido a demanda cada vez maior de alimentos, água, minerais e energia (SUGUIO, 2001).

Tabela 2: Problemas geológicos de origem natural e antrópica

Fonte: Modificado de Suguio (2001, p. 323 e 324)

Problemas geológicos de origem predominantemente natural		
Erosão	Eólica	Por furacões e ciclones
	Fluvial	Em deltas e planície de inundação
	Movimentos de massa	Fluxo de lama e de detritos
		Queda de rocha
		Escorregamentos
Solos	Solos expansivos e compressivos	
	Solos salinos	
Problemas geológicos de origem predominantemente antrópica		
Agricultura e Silvicultura	Contaminação do solo	
	Erosão acelerada por escoamento superficial produzida pelo desflorestamento e por práticas agrícolas rudimentares	
Impactos de construção	Rios	Captação de água para uso industrial, doméstico e agrícola
		Mudanças nos regimes por retificação, construção de diques marginais, barragens e serviços de drenagens
	Reservatórios	Efeito represamento

A população se multiplicou nas últimas décadas e passou a ocupar as cidades, acarretando em alterações dos recursos naturais presentes nessas áreas. Por isso as áreas urbanizadas apresentam-se como alvo dos estudos envolvendo a degradação dos recursos naturais. Nesse sentido McCall (1996) *apud* Tavares et al. (2007) propôs em seu trabalho uma lista de geoindicadores específicos para o monitoramento ambiental de áreas urbanas, onde descreve o problema levantado, o processo que deve ser avaliado, o geoindicador e a ferramenta utilizada na avaliação desse geoindicador (Tabela 3).

Os geoindicadores apresentados por McCall (1996) *apud* Tavares et. al (2007) para as áreas urbanas têm como causa principal as diferentes formas de uso e ocupação do solo pela população, pois segundo Gupta (2002) cidades situadas em regiões tropicais e subtropicais apresentam mudanças ambientais promovidas pela rápida expansão das áreas construídas, que

muitas vezes estão localizadas em áreas de risco e também por registrarem elevados índices pluviométricos, que juntamente com outros fatores de ordem social, provocam inundações.

Tabela 3: Geoindicadores para áreas urbanas

Fonte: Modificado de McCall (1996 *apud* Tavares et al. 2007)

Problemas	Processos	Geoindicadores	Ferramenta
Deslizamentos	Colapso gravitacional	Movimentos de massa	Monitoramento
Subsidência	Colapso ou abatimento	Abatimentos	Instrumentos de medida
Poluição	Danos em água, solo e ar	Substâncias	Monitoramento
Elevação do nível da água	Interrupção de bombeamento de aquíferos na área urbana, vazamentos	Danos e inundação de estruturas e proteção	Monitoramento
Rebaixamento no nível da água	Subsidência difusa (Extração de fluídos)	Redução do nível da água	Monitoramento e instrumentos
Redução de recursos	Água, solo agricultável, recursos energéticos e cobertura vegetal	Redução do nível da água	Monitoramento e instrumentos

A avaliação dos geoindicadores pode ser realizada de forma qualitativa e quantitativa, com isso os estudos de determinadas áreas em vários países, e inclusive no Brasil foram desenvolvidos a partir da classificação dos geoindicadores nos grupos de “Pressão-Estado-Resposta”.

Segundo Rufino (2002) os geoindicadores foram classificados nos grupos “Pressão-Estado-Resposta”, que foi criado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico-OECD (1993), caracterizando-se por grande aceitabilidade devido a sua simplicidade, facilidade de uso e possibilidade de aplicação em diferentes níveis e escalas. Sendo definidos conforme mostra a Figura 3.

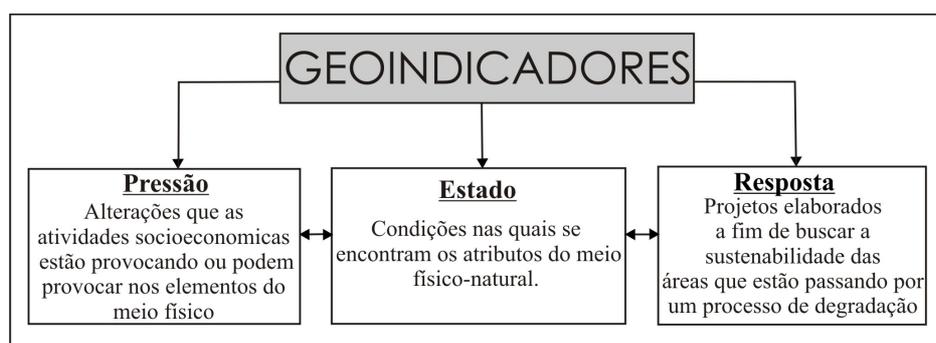


Figura 3: Definições dos geoindicadores de “Pressão-Estado-Resposta”

Fonte: Modificado de Rufino (2002)

As pesquisas realizadas a partir dos geoindicadores permitem reunir dados sobre as mudanças passadas e presentes, divulgar e utilizar métodos que na maioria dos casos são de simples avaliação e proporcionar o controle de mudanças ambientais. Seguindo esses parâmetros existe uma relação dos principais processos ambientais sujeitos às mudanças, que são os seguintes, segundo Coltrinari (2005):

- Erosão do solo por fluxos superficiais e movimentos de massa, relacionados ou não a atividades humanas;
- Conteúdo de matéria orgânica no solo, com suas consequências nos seus atributos;
- Volume e área dos depósitos tecnogênicos;
- Morfologia dos canais fluviais em consequência de modificações na vazão e/ou carga sólida;
- Sedimentação fluvial causada por processos de vertentes e fluviais ou atividades nas planícies de inundação;
- Os deltas, como arquivos de registro de mudanças, tanto na história da bacia, como no nível do mar;
- Erosão e sedimentação costeira causadas por processos naturais ou perturbações humanas, inclusive a degradação do mangue por sedimentação e poluição química;
- Degradação das florestas.

Ainda nesse contexto foram apresentados pela autora alguns geoindicadores a serem monitorados e suas principais fontes de pesquisa (Tabela 4), considerando, em primeiro lugar, que aconteceram mudanças mensuráveis e, em segundo, que as mudanças nos diferentes sistemas podem fornecer informações confiáveis e significativas para os pesquisadores e o público em geral utilizando-se dos seguintes geoindicadores:

- Expansão das superfícies de solo nu;
- Mudança de fluxo generalizado a concentrado;
- Erosão nas cabeceiras;
- Coluvionamento e aluvionamento;
- Mudanças na morfometria e na morfologia das vertentes;
- Taxas de movimentos de massa e sinais de futuros movimentos;
- Mudanças nos canais;
- Vazão e carga sólida dos rios;
- Mudanças qualitativas e quantitativas da vegetação;
- Taxas de destruição das florestas.

Tabela 4: Fontes de dados sobre geoindicadores

Fonte: Coltrinari (2005, p. 34)

Pesquisa de campo
• Trincheiras e vertentes de ravinas
• Instalação de parcelas para monitoramento dos processos geomorfológicos e do tempo
• Levantamento e amostragem de solos e materiais superficiais
• Mapas de perfis de vertentes
• Monitoramento meteorológico no andar inferior da vegetação e nas clareiras
• Levantamento de campo da vegetação
Avaliação de mudanças em escala regional/continental ao longo dos anos/decênios
• Imagens digitais de satélites para análise manual ou por computador
• Fotos aéreas ou terrestres
• Interpretação e comparação entre levantamentos atuais e passados
• Comparação entre mapas topográficos, de vegetação, geológicos, geomorfológicos e de solos
• Dados meteorológicos e hidrológicos

2.3 APLICABILIDADE DOS GEOINDICADORES

No que se refere à aplicabilidade dos geoindicadores destacam-se dentre as pesquisas desenvolvidas internacionalmente os estudos realizados por Satkumas et al.(2001) no sul e no oriente do continente africano, onde foram levantados os seguintes geoindicadores: posição do contorno da costa marítima, qualidade do solo, química e qualidade da água, formação e migração das dunas, atividade cárstica, sequência e composição de sedimentos, deslizamentos de terra e inundações. A partir dos dados obtidos com a referida pesquisa foi apresentado um quadro demonstrando quantitativamente os geoindicadores, e os países onde foram monitorados.

Gupta (2002) utilizou-se dos geoindicadores em estudos sobre as mudanças ambientais nas áreas urbanas dos países tropicais e subtropicais, sendo apresentada pelo autor uma seleção de geoindicadores que foram elencados seguindo os devidos parâmetros: 1) eficácia na medição do impacto ambiental 2) o tipo de dados que é exigido para a sua utilização. Levando-se em consideração a escassez de informação quantitativa que é muito comum

nas cidades tropicais e também a necessidade da detecção de certos tipos de geoindicadores para as cidades localizadas em deltas, planícies, encostas íngremes, cidades costeiras, dentre outras.

Gupta (2002) apresentou como resultado da pesquisa uma lista contendo os seguintes geoindicadores: enchente, águas subterrâneas, áreas de encosta, canal fluvial, clima, uso da terra, qualidade do ar, eliminação das águas residuais, áreas baixas, dentre outros. Além do nome dos geoindicadores a referida lista é marcada pelo significado dos mesmos, a influência natural ou humana, a unidade de medida, a escala espacial, a escala temporal, a aplicação e as formas de observação para os geoindicadores apresentados.

Enquanto que Berger et al. (2003) realizaram trabalhos sobre os geoindicadores na Colômbia, apontando para a dificuldade de distinguir entre as alterações que fazem parte da dinâmica natural do meio físico das mudanças acarretadas ou aceleradas pela ação humana. Diante disso alguns órgãos governamentais do país se reuniram para desenvolver estudos pautados nos geoindicadores, a fim de caracterizar os elementos abióticos da paisagem para que a partir de então fosse possível à verificação da influência humana nas transformações do meio físico-natural. Dessa forma foram avaliados os devidos geoindicadores para o país: costas e plataformas continentais, química de crescimento dos corais, nível relativo do mar, águas superficiais continentais, morfologia dos canais, águas subterrâneas, qualidade dos solos, dentre outros.

Para exemplificar alguns dos estudos desenvolvidos no Brasil utilizando-se dos geoindicadores, foram adotados alguns trabalhos, como os de pesquisas desenvolvidas em bacias de grande porte inseridas na área urbana da região dos municípios de São Paulo-SP e de Campinas-SP, além de pesquisas para monitorar as mudanças na rede de drenagem de sub-bacias e microbacias do Alto e Baixo Capivari localizado nos municípios de Louveira e Rafard/SP, no município de Analândia no interior do Estado de São Paulo onde os geoindicadores subsidiaram o monitoramento da erosão dos solos e da produção de sedimentos nessas áreas e também em localidades de empréstimo de solo na área urbana do município de Ilha Solteira/SP. E também estudos desenvolvidos na Ilha de Santa Catarina/SC e no município de Caldas Novas/GO.

Dessa forma na Ilha de Santa Catarina os geoindicadores tiveram sua ação associada ao parcelamento do solo urbano e ao mapeamento da suscetibilidade à erosão e inundação costeira na ilha estudada. Enquanto que no município de Caldas Novas os geoindicadores foram utilizados como um instrumento de apoio ao desenvolvimento da avaliação ambiental realizada dentro dos limites do município em questão.

No Estado do Paraná, foram realizadas pesquisas dessa natureza na Região Norte-Central, onde foi trabalhado com o levantamento de geoindicadores em bacias hidrográficas de pequeno e médio porte inseridas em áreas urbanas.

Foram empregadas em algumas dessas pesquisas a proposta da classificação dos geoindicadores nos grupos de Pressão, Estado e Resposta.

Dentre os estudiosos, que se utilizaram dos geoindicadores em suas pesquisas de análise ambiental destaca-se Campagnoli (2002) que realizou uma identificação dos geoindicadores a partir de estudos sobre o assoreamento em áreas urbanas, da cidade de São Paulo e na sua região metropolitana, adotando para estudos uma escala regional, onde foi selecionada a bacia do Alto Tietê (escala 1:250.000) e escalas locais com as bacias dos reservatórios de Guarapiranga (escala 1:10.000) e Rio Grande (1:25.000). Para escalas maiores foram escolhidas duas várzeas de córregos contribuintes ao reservatório Guarapiranga, o Embu Mirim (1:5.000) e o Guavirutuva (1:5.000) e um depósito de assoreamento do reservatório Taiacupeba, na escala 1:2.000.

Rego Neto (2003) utilizou-se dos geoindicadores associando-os ao reparcelamento do solo urbano na Ilha de Santa Catarina/SC, a fim de promover o desenvolvimento sustentável da área, já que o reparcelamento do solo consiste em um conjunto de técnicas participativas, com o propósito de melhorias na infra-estrutura urbana, além da otimização e da qualificação do uso do solo.

Os geoindicadores também foram aplicados por Rodrigues (2003) com o objetivo de realizar o monitoramento integrado das alterações ocorridas na rede de drenagem das sub-bacias e microbacias do Alto e Baixo rio Capivari no período de 1972 e 1995. A pesquisa foi desenvolvida na escala de 1:50.000, utilizando-se para tanto fotografias aéreas que resultaram em cartas de uso e ocupação do solo. Tais procedimentos possibilitaram concluir que as alterações ocorridas na rede de drenagem tiveram como principal responsável à atuação humana que promoveu de forma rápida e intensa o crescimento urbano e rural da área.

Nesse contexto destaca-se também o trabalho desenvolvido por Briguenti (2005) na bacia do ribeirão Ahumas, na escala de 1:90.000, localizado no município de Campinas/SP, onde a partir da quantificação dos geoindicadores levantados, nos grupos de “Pressão-Estado-Resposta”. Os geoindicadores de Pressão levantados foram: o arruamento, a densidade demográfica, a densidade de domicílios e o destino do lixo domiciliar, além de indicadores socioeconômicos como a renda e a escolaridade da população que habita as áreas integradas pela bacia. Os geoindicadores de Estado foram representados pelos tipos de solo, a declividade, as formas do relevo e as drenagens. E como geoindicador de Resposta

destacaram-se os mapeamentos das áreas verdes remanescentes e de parques urbanos existentes nas unidades físico-ambientais da bacia.

Os geoindicadores foram aplicados também por Mattos (2005) na avaliação ambiental da bacia hidrográfica do córrego Piçarrão, na escala de 1:10.000, situado no município de Campinas/SP, onde foram levantados geoindicadores de Pressão como a densidade demográfica, os domicílios improvisados em favela, a coleta domiciliar de lixo e a rede de esgoto. Nos geoindicadores de Estado foram levantados: a declividade, densidade de drenagem, impermeabilização e/ou exposição do solo. E como geoindicadores de Resposta foi destacada a participação e as prioridades do Orçamento Participativo e as Diretrizes de qualidade ambiental no Plano Diretor.

Rudorf (2005) coloca como objetivo central de seu trabalho a utilização dos geoindicadores para o mapeamento da suscetibilidade à erosão e inundação costeira na Ilha de Santa Catarina/SC, escala 1:8.000, durante as tempestades extratropicais salientando que há uma ausência de dados para o mapeamento das áreas vulneráveis à perigos costeiros no Brasil.

Costa et. al (2007) utilizou-se dos geoindicadores ambientais para a qualificação e quantificação ambiental urbana do município de Caldas Novas/GO empregando o modelo de Pressão-Estado-Resposta de forma integrada, as informações e as condições de diferentes ambientes foram analisados dentro de uma abordagem holística dos elementos pertencentes ao meio físico e socioeconômico.

Dentro da aplicabilidade dos geoindicadores também pode ser destacado o trabalho de Hirai e Augusto Filho (2008) onde foram levantados os geoindicadores de erosão dos solos e sedimentos na cidade de Analândia (SP), foi avaliado o comportamento espacial e temporal dos mesmos por meio da modelagem no ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os dados de feições erosivas obtidos de fotos aéreas de dois períodos distintos (1962 e 1972) e para a modelagem em ambiente SIG foi utilizado como parâmetro quantitativo o comprimento linear erosivo por unidade de área.

Cruz (2008) utilizou-se dos geoindicadores em sua pesquisa para a análise de impactos ambientais em áreas de empréstimo de solo na área urbana do município de Ilha Solteira (SP), onde a implementação dessa avaliação foi feita em ambiente computacional apoiado em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Sendo proposta para a concretização da avaliação ambiental uma lista de geoindicadores que possibilitou a geração de informações objetivas e de fácil acesso quanto ao nível de degradação das áreas acarretando na definição de prioridades de intervenção, propostas de recuperação e planejamento urbano ambiental.

No Estado do Paraná foram encontradas pesquisas realizadas por Souza (2005) que desenvolveu um inventário dos geoindicadores, correspondente aos anos de 1989 a 2004 para o alto curso da bacia do córrego Miringuava, Distrito de Floriano, município de Maringá/PR, na escala de 1:20.000. O estudo indicou as condições ambientais da área no período em questão e apontou para os principais elementos que, ao longo das décadas estudadas, levaram a alteração de alguns dos componentes naturais da bacia.

A utilização dos geoindicadores na avaliação da degradação dos componentes físicos de bacias hidrográficas foi enfatizada por Romão et al. (2008) que a partir do levantamento e da análise dos seguintes geoindicadores; mata ripária alterada, retificação e aterro de canal, feições erosivas, resíduos sólidos e assoreamento; realizaram uma análise ambiental da bacia do córrego Moscados, na escala de 1:20.000, localizada no município de Maringá/PR. Esta análise possibilitou o conhecimento atualizado das condições ambientais dos elementos que compõem o meio físico presente na bacia.

Biz (2009) aplicou os geoindicadores em sua pesquisa, desenvolvendo uma análise temporal e espacial dos mesmos para o município de Floresta (PR). O levantamento dos geoindicadores foi realizado na escala de 1:50.000 sendo classificados de acordo com o modelo de Pressão-Estado-Resposta. Foram avaliados geoindicadores relacionados à organização social como a densidade populacional, infraestrutura do município e o Índice de Desenvolvimento Humano. E também geoindicadores relacionados às condições do subsistema físico-natural como a densidade de drenagem e as taxas de declividade para cada sub-bacia delimitada dentro do município estudado. Além da apresentação de geoindicadores de resposta onde foram colocadas algumas propostas que podem servir como subsídio para a concretização de projetos de Planejamento Ambiental no município.

Estas pesquisas confirmam a importância de se levantar os geoindicadores na realização de pesquisas ambientais que podem alertar para a necessidade do desenvolvimento de estudos específicos para as paisagens tropicais úmidas que estão passando e que poderão passar por maiores problemas ambientais.

Diante dos trabalhos apresentados envolvendo os geoindicadores a referida pesquisa está baseada nos preceitos desenvolvidos por Berger (1996) que apresenta os geoindicadores como uma nova ferramenta para avaliar as condições dos atributos do meio físico. E para abarcar alguns componentes do meio socioeconômico foi adotada a proposta colocada pela OECD (1993) que possibilita a classificação dos geoindicadores nos grupos de pressão, estado e resposta.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nessa parte da dissertação serão abordados os procedimentos metodológicos adotados para o levantamento dos geoindicadores que foram identificados na avaliação ambiental realizada na bacia do ribeirão São Tomé (Figura 4). Tendo em pauta as observações de Berger (2002), que destaca os geoindicadores como sendo promovedores de estudos em áreas que estão passando por alterações ambientais, podendo também auxiliar na identificação de futuras mudanças ambientais que possam ocorrer nas áreas analisadas, manifestando-se como um indicador de extrema importância para a manutenção do sistema físico-natural.

A adoção dos geoindicadores na avaliação das condições ambientais da bacia em estudo, deve-se a análise integrada que os mesmos podem realizar entre os componentes do sistema físico-natural e destes com o sistema socioeconômico o que promove condições para que sejam propostas ações voltadas ao desenvolvimento sustentável.

Além do monitoramento integrado do ambiente, o uso dos geoindicadores se deu em virtude do período de estudos estipulado pelos mesmos (máximo cem anos) que é adequado as análises realizadas na bacia do ribeirão São Tomé, já que a região onde está integrada a mesma possui um processo de ocupação recente, que tem seu início marcado na década de 1950.

Todo processo no qual esteve pautado o desenvolvimento da pesquisa será descrito a seguir.

3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA E ORGANIZAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Compreende o levantamento teórico-metodológico necessário para o desenvolvimento da pesquisa, que foi pautada em referenciais sobre a análise da degradação ambiental. Buscou-se estudar trabalhos dessa natureza que tiveram como âncora de pesquisa as bacias hidrográficas, enfatizando-se também a importância da aplicabilidade do conceito de geoindicadores em estudos de análise das alterações de diferentes ambientes. Além do levantamento de materiais de pesquisas que caracterizaram a área de estudo.

Essa etapa integrou também a coleta de documentos cartográficos necessários para a elaboração da carta base, além da definição da escala de análise e do levantamento de dados climáticos que foram representados graficamente.

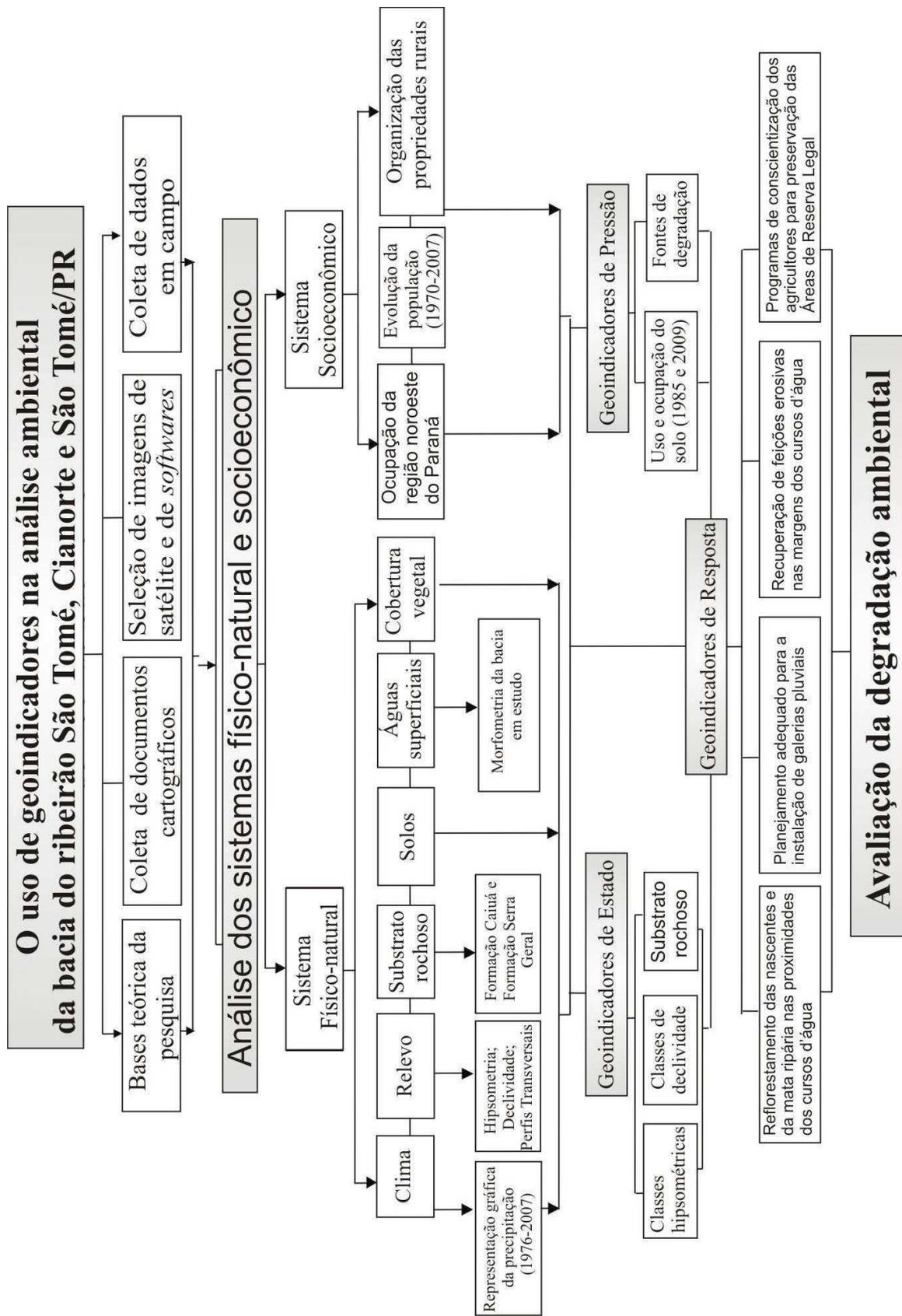


Figura 4: Modelo teórico-metodológico utilizado na aplicação de geoindicadores na avaliação ambiental da bacia do ribeirão São Tomé/PR

Além disso, foram realizados trabalhos de campo a fim de reconhecer a área e também foram selecionados os geoindicadores a serem levantados na bacia. Esse levantamento foi realizado com base na lista dos geoindicadores apresentados por Berger (1996). Sendo seguidas as proposições do autor quanto à necessidade de ampliar a lista de geoindicadores de acordo com as características da área em estudo. Dessa forma os geoindicadores classificados para a bacia do ribeirão São Tomé foram adaptados as suas condições ambientais.

Após a seleção dos geoindicadores os mesmos foram levantados em campo, já que estavam diretamente relacionados aos atributos dos sistemas físico-natural e socioeconômico presentes na bacia, com o intuito de serem futuramente classificados quantitativamente e qualitativamente nos grupos dos geoindicadores de Pressão-Estado-Resposta, sugerido pela OECD (1993).

E por fim foram selecionadas as imagens de satélite e às informações necessárias para a elaboração das cartas temáticas, incluindo a seleção de *softwares* a serem utilizados.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DA ÁREA DE ESTUDO: ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA

Nessa fase da pesquisa foram aplicados os dados coletados em campo, fundamentados nos referenciais teórico-metodológicos, obtidos junto às pesquisas já desenvolvidas por estudiosos da temática em questão e por trabalhos disponibilizados pelas instituições de pesquisa, além da elaboração de documentos cartográficos. Os procedimentos utilizados para a concretização dessa etapa da pesquisa são descritos a seguir:

Para a caracterização do sistema físico-natural foram investigados os seguintes atributos: o clima, o relevo, o substrato rochoso, o solo, as águas superficiais e a cobertura vegetal. Sendo que a caracterização do atributo águas superficiais envolveu a análise morfométrica da bacia, nesse sentido segue os procedimentos adotados no desenvolvimento de tal parâmetro.

- **Morfometria da bacia:** foi realizada para subsidiar a análise do meio físico relacionado com águas superficiais da bacia, foi obtida por meio da caracterização areal e linear da área em estudo. A tabela 5 destaca as características morfométricas aplicadas na bacia do ribeirão São Tomé que são as seguintes: a hierarquia fluvial, a relação de bifurcação, a relação entre o comprimento médio dos canais, a relação do equivalente vetorial e a densidade de drenagem.

Tabela 5: Características morfométricas avaliadas na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Características morfométricas	Símbolo	Fórmula
Hierarquia fluvial	-----	-----
Relação de bifurcação	R_b	$R_b = N_u / N_{u+1}$
Relação entre o comprimento médio dos canais	RL_m	$RL_m = Lm_u / Lm_{u-1}$
Relação do equivalente vetorial	ReV	$ReV = Ev_u / Ev_{u-1}$
Densidade de drenagem	Dd	$Dd = L_t / A$

Hierarquia fluvial: No que se refere à hierarquia dos canais Strahler (1952) destaca que os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência com outros canais, sendo que dá confluência de dois canais de primeira ordem vão surgir os canais de segunda ordem, e só receberão afluentes de primeira ordem. Já os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta ordem resultam da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores.

Para Strahler (*op cit.*) o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão, havendo a necessidade de refazer a numeração a cada confluência de ordem superior.

Relação de bifurcação (R_b): ela foi definida por Horton (1945) como sendo a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

Onde o N_u , é o número de segmentos de determinada ordem e N_{u+1} é o número de segmentos de ordem imediatamente superior. A análise da relação de bifurcação expressa uma das leis da composição da drenagem que pode ser enunciada da seguinte maneira: em uma bacia determinada, a soma dos números de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade de primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação.

No que se refere a relação de bifurcação Christofolletti (1980) salienta que a lei do número de canais não considera nenhuma mensuração, mas somente o ponto de origem e a confluência dos segmentos.

Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RL_m): segundo Christofolletti (1980) o comprimento dos canais pode ser representado pela letra L , sendo que cada ordem de canais é representada pela letra u , a soma total dos comprimentos dos canais de cada ordem será L_u , e o comprimento total de todos os cursos d'água de uma bacia será representado por L_i . Para se calcular o comprimento médio dos segmentos fluviais L_m divide-se a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem L_u pelo número de segmentos encontrados na respectiva ordem N_u .

$$L_m = L_u / N_u$$

O estudo da relação entre o comprimento médio dos canais propiciou expressar a lei básica da composição da drenagem, onde: “Em uma determinada bacia, os comprimentos médios dos canais de cada ordem, estão ordenados segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios”. Para calcular a relação entre os comprimentos médios, emprega-se a seguinte expressão:

$$RL_m = Lm_u / Lm_{u-1}$$

Onde RL_m é a relação entre os comprimentos médios dos canais, Lm_u é o comprimento médio dos canais de determinada ordem e Lm_{u-1} é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

Relação do equivalente vetorial (Rev): representa o comprimento de cada segmento fluvial de determinada ordem, segundo Christofolletti (1980) a consideração desse comprimento deve ser em linha reta, estendendo-se do nascimento ao término do referido canal.

A relação do equivalente vetorial é obtida da seguinte maneira: somando-se o valor dos equivalentes vetoriais em cada ordem e dividindo-se o total pelo número de canais considerados, e será encontrada a grandeza média dos equivalentes vetoriais da referida ordem.

A aplicação da grandeza média do equivalente vetorial (Ev_u) foi obtida a partir da seguinte fórmula:

$$Rev = Ev_u / Ev_{u-1}$$

Na qual Rev é a relação do equivalente vetorial; Ev_u é a grandeza média do equivalente vetorial de determinada ordem e Ev_{u-1} é a grandeza média dos equivalentes vetoriais de ordem imediatamente inferior a considerada.

A importância interpretativa da relação equivalente vetorial advém de seu confronto com os índices do comprimento médio e da declividade média. Como exemplo, Christofolletti (1980) destaca os canais retificados e com alta declividade, onde a grandeza do equivalente vetorial aproxima-se do comprimento. Por outro lado, deve-se também lembrar que cursos de água com direção geral retilínea, mas com fraca declividade, podem apresentar meandramentos e distanciamentos entre as duas relações, fato que por si só indica outra tipologia de formação de vales e de comportamento da dinâmica fluvial.

Densidade de drenagem (Dd): a partir da densidade de drenagem tem-se uma correlação entre o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Sendo calculada a partir da seguinte equação:

$$Dd = L_t / A$$

Dd significa a densidade da drenagem, L_t o comprimento total dos canais e A a área da bacia.

Dessa forma Christofolletti (1980) salienta que o cálculo da densidade de drenagem é de fundamental importância na análise das bacias hidrográficas, porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, já que a medida que aumenta o valor numérico da densidade tem-se uma diminuição quase que proporcional no tamanho dos devidos componentes fluviais.

E para descrição do sistema socioeconômico foi realizada uma caracterização dos dados referentes ao processo de ocupação da região noroeste do Paraná, da evolução da população (1970 a 2007), além da análise sobre a organização das propriedades rurais pertencentes aos municípios de Cianorte e São Tomé, que integram a bacia em estudo.

Por meio do levantamento dos geoindicadores em etapas anteriores e da caracterização dos elementos do meio físico-natural e socioeconômico, foi possível fazer uma distinção entre a influência natural e/ou humana na ocorrência dos geoindicadores de pressão e de estado.

Além disso, foi apresentado o período previsto para manifestação dos mesmos tendo como referência a escala temporal proposta nesses estudos. E por fim foram destacadas às formas pelas quais foram realizadas o monitoramento dos geoindicadores na bacia em estudo (Tabela 6).

Tabela 6: Influências naturais x influências humanas dos geoindicadores aplicados na bacia do ribeirão São Tomé/PR

GEOINDICADORES	Influência natural	Influência humana	Período de ocorrência (anos)	Dados levantados
Uso e ocupação do solo (1985 e 2009)	X	*	1-10+	TC, S e DAP
Fontes de degradação	◆	*	1-5+	TC e DAP
Classes hipsométricas	*	◆	1-50+	TC e CT
Classes de declividade	*	X	1-50+	TC e CT
Substrato rochoso	*	◆	1-50+	TC e CT

TC: Trabalho de campo

DAP: Dados atuais e passado

S: Imagem de satélite

CT: Carta topográfica

* muito influenciados (as), X pode ser influenciados (as) por, ◆ pouco influenciados (as)

3.3 ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Carta base: os produtos cartográficos elaborados até esta fase da pesquisa tiveram como base as cartas topográficas do município de Cianorte fornecida pelo Ministério do Exército, Folha: SF.22-Y-C-VI-2 MI 2781/2, escala 1:50.000 (1989), a carta topográfica de Paraíso do Norte também fornecida pelo Ministério do Exército, Folha: SF.22-Y-C-III-4 MI 2755/4, escala 1:50.000 (1989), a carta do município de Jussara obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Folha: SF-22-Y-D-IV-1 MI 2782/1, escala 1:50.000 (1971) e a carta topográfica do município de São Jorge do Ivaí também concedida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Folha: SF-22-Y-D-I-3, escala 150.000 (1972).

A carta base foi elaborada no *software Spring® 5.0.2*. Sendo que o processo no qual esteve envolvido sua elaboração foi inicialmente marcado pelo georeferenciamento das cartas topográficas utilizadas como base para a elaboração da mesma, em seguida foi delimitada a área ocupada pela bacia do ribeirão São Tomé e a partir de então foram localizados os cursos d'água, as curvas de nível e as vias de acesso pertencentes a bacia.

Carta de declividade: a elaboração dessa carta foi realizada por meio do estabelecimento de cinco classes de declividade, onde a primeira varia de 0-3% estando representada pela cor amarela, a segunda de 3-8% (laranja), seguindo para a terceira classe de 8-16% (vermelho), a quarta classe de 16-30% (roxo) e a quinta de 30-45% (roxo escuro).

A definição das devidas classes visou uma melhor representação da inclinação do terreno em relação ao plano horizontal, baseando-se nas classes propostas por Lepsch (1991). Pois o autor definiu a variação dessas classes apresentadas segundo estudos realizados em áreas com uma dinâmica do uso e ocupação do solo marcada por ocupações urbanas e rurais, com isso pode-se constatar as formas do relevo de acordo com a classe na qual está inserida determinada área, como por exemplo:

- Classe A (0-3%): formada por áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial é lento, não oferecendo riscos de causar erosão hídrica ou de solos. O declive do terreno não oferece dificuldade alguma quanto ao uso de máquinas agrícolas.
- Classe B (3-8%): compreende áreas com declives suaves, nos quais o escoamento superficial é lento ou médio. Os declives desta classe também não dificultam o trabalho com máquinas agrícolas. Em alguns tipos de solos mais erodíveis com esse declive já se torna comum à erosão hídrica. Porém, na maioria dos solos se fazem necessárias práticas simples de conservação.
- Classe C (8-16%): áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos é médio ou rápido. O declive, por si só, não apresenta limitações ao uso de máquinas agrícolas. Em caso de solos com tendência à erosão, práticas complexas de conservação do solo são necessárias.
- Classe D (16-30%): compreende áreas muito inclinadas, com relevo íngreme. O escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. Apresenta dificuldades no uso de máquinas agrícolas pesadas, porém com algumas adaptações, se faz possível o seu uso. Nesta classe, os solos são facilmente erodíveis. Nestas áreas é mais recomendado o uso do solo para cultivos de culturas perenes, pastagens ou reflorestamento.
- Classe E (30-45%): representada por áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos tipos de solos, propiciando o aparecimento de feições erosivas. Somente as máquinas agrícolas mais leves podem ser usadas.

A carta temática em questão foi elaborada no *software Spring® 5.0.2*, na escala 1:50.000, baseando-se na carta base apresentada anteriormente. O processo no qual esteve envolvido a elaboração da carta de declividade é inicialmente marcado pela separação das

curvas de nível presentes na carta base com seus devidos valores de altitudes onde foi gerada a grade triangular que proporcionou a delimitação das classes de declividade.

Carta hipsométrica: a hipsometria da bacia do ribeirão São Tomé foi obtida a partir do estabelecimento de sete classes hipsométricas com equidistância de 40m, onde a primeira classe é de 260m sendo representada pela cor verde-clara, a segunda de 300m (amarelo claro), a terceira de 340m (amarelo), a quarta de 380m (laranja), a quinta de 420m (vermelho), a sexta de 460 (vermelho escuro) e por último a classe >500m (marrom). As cores adotadas para representação das classes hipsométricas foram baseadas nas normas internacionais da Cartografia Temática (LIBAULT, 1975).

A carta hipsométrica foi elaborada a partir da carta base, apresentando-se na escala de 1:50.000. Para sua elaboração as curvas de nível com seus devidos valores de altitudes foram inseridas no *software Spring*® 5.0.2, onde foi gerada a grade retangular e a delimitação das classes de altitudes presentes nesse produto cartográfico.

Cartas de uso e ocupação do solo (1985 e 2009): foram elaboradas cartas temáticas representando as formas de uso e ocupação do solo para o período correspondente aos anos de 1985 e 2009 na escala de 1:50.000. Sendo que a seleção das imagens pertencentes ao ano de 1985 ocorreu por serem as primeiras imagens fornecidas gratuitamente da área que apresentaram boa resolução. No caso das imagens pertencentes ao ano de 2009 sua escolha justifica-se pela necessidade de uma análise atual, o que possibilitou uma caracterização multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia em estudo.

Esses documentos cartográficos tiveram como base imagens do satélite *Landsat 5 TM* de 21-06-1985 e *Landsat 5 TM* de 20-09-2009. Além da utilização da carta base de onde foram extraídos os cursos d'água e as estradas que foram representadas na referida carta temática.

A carta de uso e ocupação do solo para o ano de 2009 além de utilizar de informações fornecidas pelas imagens de satélites a partir da classificação supervisionada dos elementos, também está fundamentada em dados coletados em campo, com isso as informações obtidas foram necessárias na atualização da distribuição das diferentes formas de uso do solo fornecidas pela imagem de satélite e também para a realização de aferições dos dados coletados por meio da interpretação de tais imagens.

A elaboração das cartas de uso e ocupação do solo foi envolvida pelo processo de georreferenciamento das imagens de satélite que foi realizado no *Software Spring*® 5.0.2,

seguindo para a interpretação das mesmas, foram selecionadas as seguintes classes de uso e ocupação do solo: área de preservação da vegetação, mata ripária, pastagem, cultura temporária, cultura permanente e área urbana. As cores das classes de uso do solo foram aplicadas segundo o Manual Técnico de Uso da Terra, desenvolvido pelo IBGE (2006).

Carta de drenagem: representa a distribuição do sistema de drenagem da bacia do ribeirão São Tomé. A carta foi elaborada a partir da carta base na escala de 1:50.000. Foi utilizado o *software Spring® 5.0.2* para delimitação georreferenciada dos canais de drenagem.

Mapa geológico: representa a distribuição do substrato rochoso presente na bacia em estudo. A bacia é marcada por duas formações geológicas distintas, a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral, que foram representadas na escala de 1:50.000, tendo como base o mapa geológico fornecido pela MINEROPAR (folha: Umuarama, escala 1:250.000, 2006). Na elaboração deste mapa foram realizadas também pesquisas bibliográficas (MINEROPAR 2009) e verificações em campo, para ajuste de escala. A partir do uso do mapa na escala de análise, foi possível observar as diferenciações das formas das vertentes e as maneiras de uso e ocupação do solo característico de cada formação rochosa, fato que possibilitou uma análise da distribuição diferenciada dos elementos do meio físico-natural e socioeconômico no interior da bacia em estudo.

O mapa em questão foi elaborado no *software Spring® 5.0.2*. Sendo que o processo no qual esteve envolvido sua elaboração foi inicialmente marcado pelo georreferenciamento do mapa geológico (MINEROPAR, 2006) utilizado como base, seguindo para a delimitação das Formações rochosas características da bacia em estudo.

Mapa de solos: Apresenta a distribuição dos diferentes tipos de solo presente na bacia do ribeirão São Tomé, onde é destacada a presença do Latossolo Vermelho Distróficos, Eutróficos, Distroférricos e Eutroférricos, do Nitossolo Vermelho Distroférrico e Eutroférrico e do Argissolo Vermelho Distróficos e Eutróficos que foram agrupados consecutivamente nos grupos do Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Argissolo Vermelho devido a baixa representatividade dos grupos no interior da bacia.

Os referidos tipos de solos estão representados na escala de 1:50.000 e tiveram como base o mapa de solos fornecido pela EMBRAPA. (Folha: SF.22-Y-C MIR 495 e 496, escala 1:250.000, 2008).

Foi elaborado a partir do *software Spring® 5.0.2*. Sendo que o processo no qual esteve envolvido sua elaboração foi inicialmente marcado pelo georreferenciamento do mapa de solos (EMBRAPA, 2008) utilizado como base, seguindo para a delimitação das classes de solos característicos da bacia em estudo.

Gráficos: os gráficos referentes à evolução da população foram realizados por meio de dados demográficos representando a evolução do número de habitantes dos municípios de Cianorte e de São Tomé, sendo que essas informações foram obtidas por meio de censos demográficos fornecidos pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1970, 1980, 1991, 2001 e 2007).

A análise da influência climática na área foi realizada por meio da representação gráfica, sendo que os índices foram apresentados em uma escala anual e mensal para o período de 1976 a 2009. Os dados climáticos analisados foram obtidos junto à SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e da Estação Climatológica de Cianorte que está localizada nas coordenadas 23° 47' 34" de latitude sul e 52° 38' 29" de longitude oeste com 572m de altitude.

Os dados que expressam a organização das propriedades rurais pertencentes aos municípios de Cianorte e São Tomé foram representados graficamente e seguiram informações disponibilizadas pela EMATER (2009a e b).

Além disso, os gráficos apoiaram a discussão dos geoindicadores levantados na bacia do ribeirão São Tomé, já que os mesmos promoveram uma representação dos percentuais de distribuição das classes de uso e ocupação do solo (1985 e 2009), das classes de declividade, das classes hipsométricas e dos diferentes substratos rochosos presentes na bacia em questão.

Perfis transversais: a escolha do local para o desenvolvimento dos perfis se deu no alto, no médio e no baixo curso da bacia do ribeirão São Tomé, com isso obteve-se a elaboração de três perfis que proporcionaram uma análise das condições do relevo para as áreas escolhidas.

A elaboração do Perfil 1 no alto curso da bacia se deve a necessidade de uma melhor caracterização do relevo onde estão localizadas as principais nascentes do ribeirão em estudo, com escala horizontal de 1:50.000 e exagero vertical de 10 vezes baseando-se nas cotas altimétricas fornecidas pela carta topográfica de Cianorte fornecida pelo Ministério do Exército, Folha: SF.22-Y-C-VI-2 MI 2781/2, escala 1:50.000 (1989).

O Perfil 2 foi elaborado a fim de representar as formas do relevo do médio curso da bacia do ribeirão São Tomé, abrangendo uma caracterização do relevo marcada pela dinâmica

do curso d'água do ribeirão São Tomé e do ribeirão Carandaí, apresentando-se com escala horizontal de 1:50.000 e exagero vertical de 10 vezes, tendo como base as cotas altimétricas das cartas topográficas de Cianorte elaborada pelo Ministério do Exército, Folha: SF.22-Y-C-VI-2 MI 2781/2, escala 1:50.000 (1989) e Jussara (1971) fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Folha: SF-22-Y-D-IV-1 MI 2782/1, escala 1:50.000 (1971).

E por fim o Perfil 3 que foi elaborado devido a necessidade da verificação das formas do relevo na área integrada pela jusante do ribeirão São Tomé por meio da representação das vertentes presentes nessa área, o perfil foi elaborado na escala horizontal de 1:50.000, com exagero vertical de 10 vezes baseando-se na carta topográfica de São Jorge do Ivaí concedida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Folha: SF-22-Y-D-I-3, escala 150.000 (1972).

Os perfis transversais foram desenvolvidos a partir da aplicação de algumas ferramentas oferecidas pelo *Software AutoCad® versão 2006*, que proporcionou a representação das altitudes e das distâncias contidas no perfil.

3.4 IDENTIFICAÇÃO DE GEOINDICADORES

Foi realizada a identificação dos geoindicadores nos grupos de Pressão-Estado-Resposta, levantados por meio de análises desenvolvidas em produtos cartográficos e em campo na bacia.

Os geoindicadores elencados para o grupo de pressão foram integrados por atividades antrópicas que podem exercer pressão sobre as condições naturais do meio físico. Dessa forma foram destacados os seguintes geoindicadores de Pressão:

- Uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2009;
- Fontes de degradação para o ano de 2009.

Enquanto que para o grupo dos geoindicadores de estado foram selecionados os devidos geoindicadores:

- Classes hipsométricas;
- Classes de declividades;
- Substrato rochoso;

Os referidos geoindicadores de estado apresentaram análises sobre as condições dos atributos do meio físico-natural presentes na bacia em estudo e sua respectiva suscetibilidade a ação antrópica.

A seleção dos geoindicadores de resposta foi desenvolvida a partir da análise dos geoindicadores de pressão e de estado, onde no primeiro caso foram fornecidas informações quanto ao tipo de atividades antrópicas desenvolvidas na bacia e no segundo caso foram averiguadas as características de alguns atributos do meio físico, diante do desenvolvimento das referidas atividades destacadas nos geoindicadores de pressão. Essa análise proporcionou a proposição de algumas ações que podem ser desempenhadas pelo Poder Público e pela sociedade, com o intuito de buscar uma conformidade entre a dinâmica dos sistemas físico-natural e socioeconômico na bacia do ribeirão São Tomé.

Dessa forma foram consideradas as seguintes ações para os geoindicadores de resposta:

- Reflorestamento das nascentes e da mata ripária nas proximidades dos cursos d'água;
- Planejamento adequado para a instalação de galerias pluviais;
- Recuperação de feições erosivas nas margens dos cursos d'água;
- Programas de conscientização dos agricultores para preservação das Áreas de Reserva Legal.

A partir das informações obtidas e interpretações realizadas por meio da caracterização dos geoindicadores de Pressão, Estado e Resposta foi elaborada uma tabela contendo os resultados dos geoindicadores levantados.

3.5 EQUIPAMENTOS E *SOFTWARES* UTILIZADOS

Para desenvolvimento da referida pesquisa foram utilizados equipamentos como o *GPS (Global Positioning System)*, o altímetro digital, a trena a *laser* e a câmera fotográfica digital.

O *GPS* – Garmim 76CSX foi uma ferramenta essencial para georreferenciar à coleta de dados em campo.

O altímetro – *Oregon Scientific* foi utilizado na coleta de informações referente aos diferentes níveis de altitude da área em estudo, possibilitando uma aferição das cotas altimétricas representadas na carta hipsométrica e nos perfis topográficos que haviam sido elaborados baseando em cotas altimétricas fornecidas pela carta topográfica.

A trena a *laser* – Bosch DLE 30 *plus* foi utilizada nas medições em campo de feições erosivas, de construções como pontes e retificações realizadas no canal de drenagem e das margens de alguns cursos d'água pertencentes ao ribeirão São Tomé.

A câmera fotográfica digital possibilitou o registro de imagens analisadas em campo, permitindo que as mesmas pudessem ser caracterizadas em gabinete, atrelando dessa forma a análise em campo ao referencial teórico no estudo da bacia hidrográfica em questão.

Para manipulação dos dados foram utilizados os seguintes *softwares*: *Global Mapper*® versão 7.0, *AutoCad*® versão 2006 e *Spring*® versão 5.0.2 para a vetorização e elaboração das cartas temáticas. O *software CorelDraw*® versão 12 foi utilizado para edição das cartas temáticas e também na elaboração do fluxograma. O *Microsoft Office for Windows*® versão 2003 (*Word e Excel*) foi utilizado na elaboração de gráficos e nas diversas etapas que integraram a dissertação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa parte da dissertação abrange a localização da área de estudo, e as descrições dos sistemas, tanto no contexto no socioeconômico como no físico-natural, da região Noroeste do Paraná e da bacia em estudo.

Ou seja, as análises apresentadas seguem de uma abordagem regional para a caracterização da bacia em estudo. No sistema socioeconômico é apresentada uma interpretação do processo de ocupação da região onde está inserida a bacia, da evolução populacional dos municípios integrados pela área em estudo, no período de 1970 a 2007, além de demonstrar a organização das propriedades rurais.

Para o sistema físico-natural destacam-se alguns resultados da análise anual e mensal da série histórica de um elemento climático fundamental para a avaliação ambiental a precipitação, além das descrições das formas do relevo advindas da influência dos distintos substratos rochosos existentes na bacia, e os diferentes tipos de solos. Incluem também neste sistema as análises das águas superficiais e da cobertura vegetal.

4.1 BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ

O objeto em estudo é a bacia do ribeirão São Tomé que possui uma área de aproximadamente 219km², sendo que suas principais nascentes estão localizadas no município de Cianorte que faz limite a leste e nordeste com o município de Jussara, ao norte com o município de São Tomé, a noroeste com Indianópolis, a oeste com Tapejara, a sudoeste com Tuneiras do Oeste e ao sul e sudeste com Araruna. E o seu médio e baixo curso estão localizados no município de São Tomé que tem seus limites marcados a leste pelo município de São Jorge do Ivaí, a nordeste por São Carlos do Ivaí, ao norte por Japurã, a noroeste e oeste por Indianópolis, ao sul com Cianorte e a sudeste com Jussara.

A bacia em estudo é marcada pela presença de vias de transporte representadas pela linha férrea pertencente à Rede Ferroviária Sociedade Anônima do Noroeste do Paraná que é uma herança das primeiras formas de ocupação da área, por rodovias como a PR 082, a BR 323, a BR 498 e por demais vias de transporte que atravessam os cursos d'água da região. E por último tem-se a presença de um aeroporto localizado no interflúvio da bacia (Figura 5), que pertence a uma usina de cana-de-açúcar instalada no município de Jussara, a Destilarias Melhoramentos S/A.

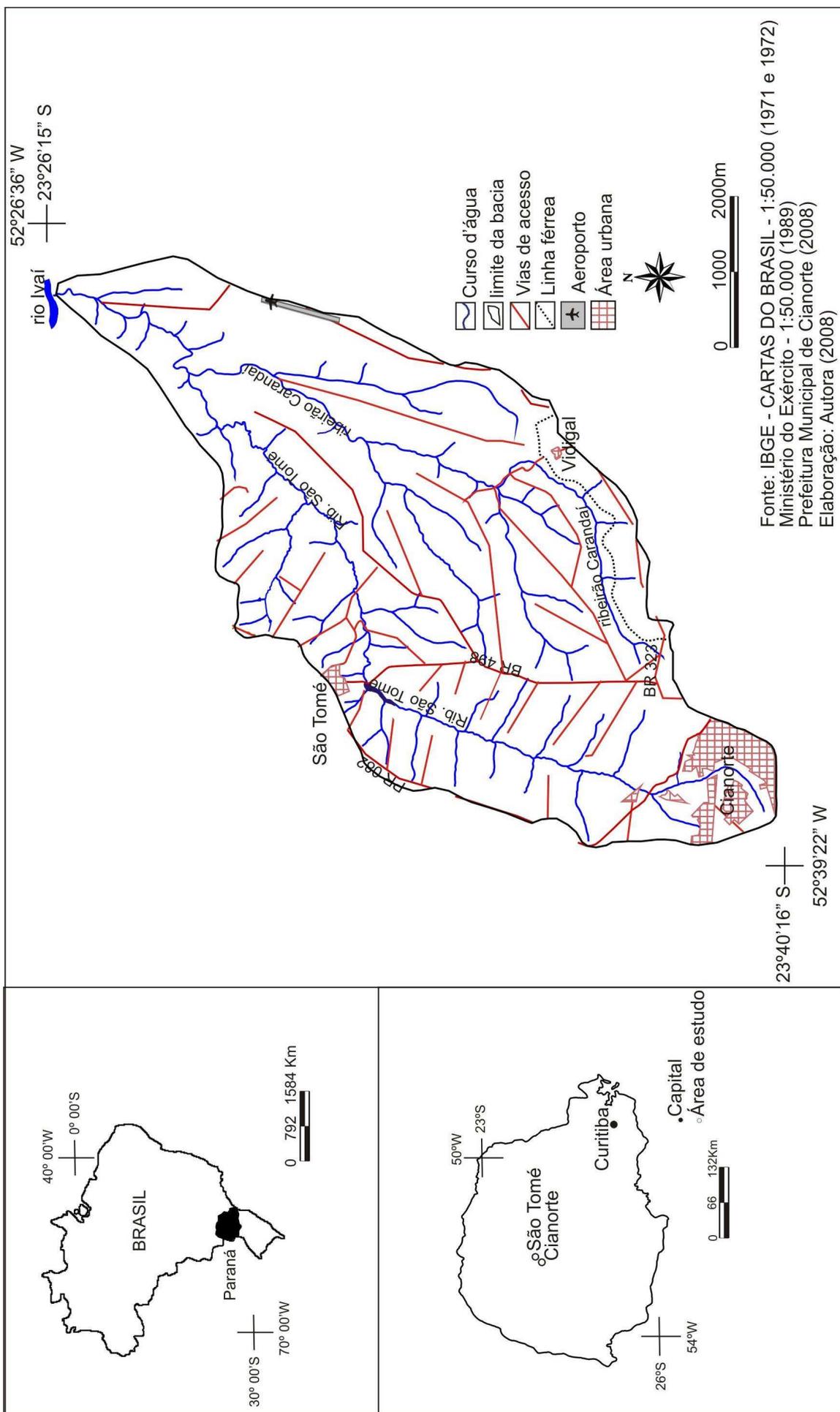


Figura 5: Localização da área de estudo

No que se refere ao sistema socioeconômico a área na qual esta integrada a bacia teve seu processo de ocupação marcado pela ação da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, a evolução dos índices populacionais ao longo das últimas quatro décadas seguiu a dinâmica econômica dos municípios de Cianorte e São Tomé e as formas de organização das propriedades rurais para os referidos municípios apontam para a área ocupada pelas culturas temporárias, culturas permanentes e por pastagem.

Quanto às características do sistema físico-natural, predomina na bacia em estudo o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (*Cfa*), com verões quentes que concentram os maiores percentuais de precipitação. Sobre o relevo a área em estudo esta inserida no Terceiro Planalto Paranaense, onde Maack (2002) coloca que o mesmo apresenta uma conformação da paisagem bastante uniforme. Dentro do substrato rochoso destacam-se a presença de arenitos pertencentes à Formação Caiuá e de basaltos característicos da Formação Serra Geral, associado aos diferentes substratos rochosos que constituem a bacia tem-se a formação diferenciada dos tipos de solos ao longo da mesma.

Além disso, é destacado para as características físicas da bacia do ribeirão São Tomé as condições da rede de drenagem, onde o canal principal apresenta suas nascentes na área urbana do município de Cianorte e sua foz no rio Ivaí. E por fim sobre a cobertura vegetal predominante na bacia destacam-se áreas de Preservação Permanente e as áreas marcadas pela presença de vegetação secundária, denominadas Áreas de Reserva Legal.

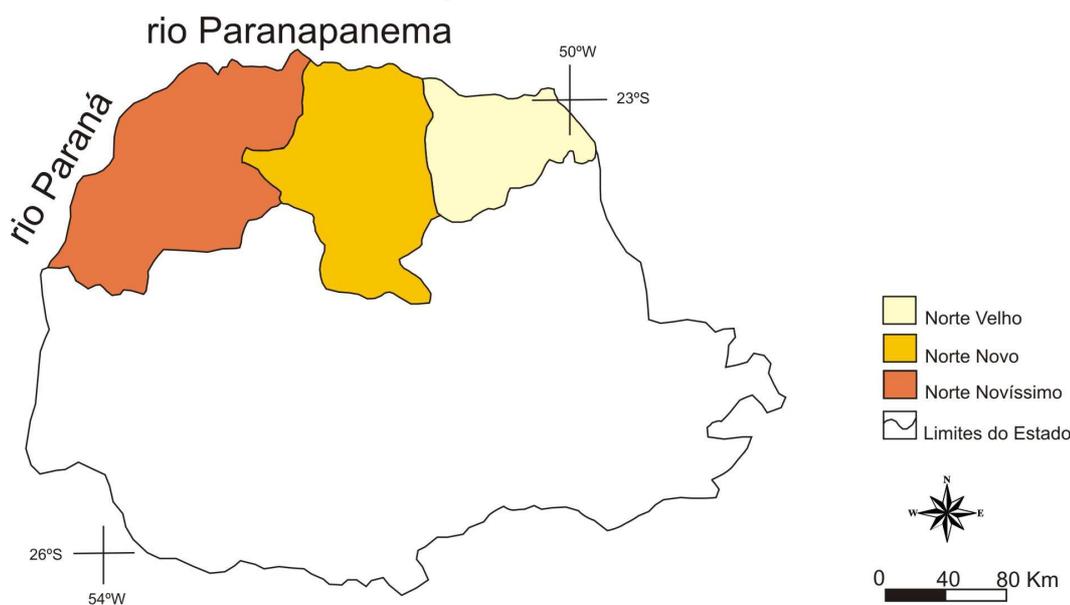
4.2 SISTEMA SOCIOECONÔMICO

Os atributos analisados no sistema socioeconômico referem-se à caracterização do processo de ocupação e evolução da população no interior da bacia e a organização das propriedades rurais localizadas no interior da mesma.

Sobre o processo de ocupação da área integrada pela bacia, destaca-se a atuação da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), que foi a encarregada do planejamento e da venda de lotes das cidades da região Norte e Noroeste do Paraná e que tiveram sua expansão urbana principalmente após a década de 1980.

As regiões Norte e Noroeste do Paraná têm suas áreas de abrangências localizadas entre os rios Paranapanema, Paraná, Ivaí e Piquirí (Figura 6), sendo que, devido à localização geográfica dessas regiões no Estado do Paraná e do tipo de colonização, essa área foi subdividida em três regiões homogêneas formadas pelo Norte Velho, Norte Novo e Norte Novíssimo (WACHOWICZ, 2002).

Diante desse contexto, segundo Delgado (2008), a primeira forma de regionalização atuante se manifestou na região do Norte Velho que está localizada do rio Itararé até o rio Tibagi foi colonizada por mineiros e paulistas. Estes adentraram no Estado por meio do rio Itararé, por volta do início do século XX, possibilitando a construção de importantes núcleos urbanos do Estado, como por exemplo: Jacarezinho, Santo Antonio da Platina, Cambará, Andirá, Ribeirão Claro, Cornélio Procópio e Bandeirantes.



Fonte: adaptado de IBGE/IBG (1970)

Figura 6: Frentes pioneiras na ocupação do norte e noroeste do Estado do Paraná

A ocupação da área integrada pela região do Norte Velho se deu a partir de duas iniciativas concomitantes e independentes apontadas por Wachowicz (2002), onde a primeira foi marcada pela necessidade estratégica de ligar o litoral brasileiro a longínqua província de Mato Grosso e a segunda foi pela necessidade da passagem dos latifundiários pelo registro de Itararé, com o desejo de se apossar de terras novas e férteis, fato que acarretou na tomada da posse da terra na região.

Diante disso destaca-se também a presença da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná na colonização da região do Norte Novo localizando-se entre os rios Tibagi e Ivaí, e seguia em direção ao norte do Estado, próximo as margens do rio Paranapanema (CMNP, 1975). A CMNP foi a responsável pelo surgimento de cidades planejadas que são destacadas como pólos regionais como Maringá, Londrina e Araçongas.

E por fim ocorreu a colonização da região do Norte Novíssimo que de acordo com a CMNP (1975), abarcava as áreas compreendidas entre os rios Ivaí e Paraná, destacando-se o

processo de ocupação e planejamento dos municípios de Cianorte e São Tomé, que sofreram forte influência da CMNP na organização de toda a estrutura urbana e agrícola do município.

Diante disso, Wachowicz (2002) salienta que essa região foi ocupada principalmente por agricultores que buscavam prosperidade com o cultivo do café, sendo que os mesmos adquiriam lotes rurais planejados por meio de traçados em forma de longos retângulos, estando quase todos com a frente voltada para a estrada e com a parte dos fundos voltada para um rio, dessa forma a estrada sempre passava nas regiões mais elevadas, a estrada de ferro sempre acompanhou a ocupação do loteamento da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, um exemplo disso é a estrada de ferro da região Noroeste do Paraná que passa pelo interior da bacia do ribeirão São Tomé.

O predomínio do cultivo cafeeiro perdurou na região do Norte Novíssimo até meados da década de 1970, dessa forma pode-se observar no gráfico 1 que nesse período a população do município de Cianorte era de aproximadamente 52.532 habitantes, porém na década de 1980 houve uma queda no total populacional do município para 48.801 habitantes (IBGE, 1970 e 1980). Esse fato foi provavelmente decorrente do esgotando do café na região que era a principal atividade econômica, com isso toda a região onde está integrada a bacia foi marcada por uma redução nos seus índices populacionais.

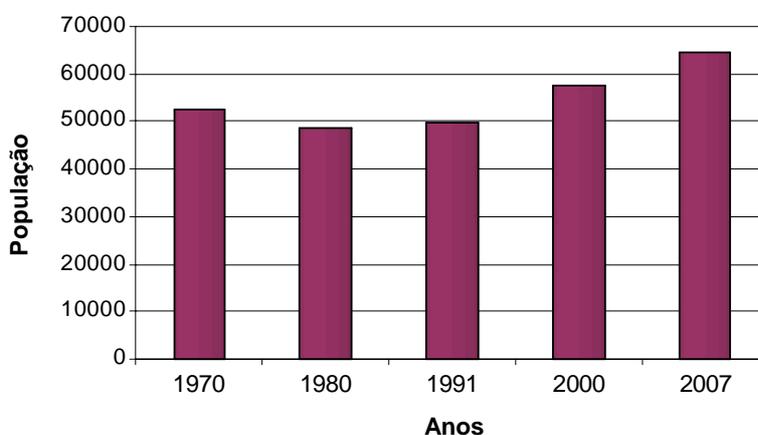


Gráfico 1: Evolução da população do município de Cianorte (1970-2007)

Fonte: IBGE (Censo demográfico de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007)

A problemática envolvida na redução dos índices populacionais da região da bacia do ribeirão São Tomé foi estabilizada, ou seja, os índices populacionais voltaram a crescer no início da década de 1990 com 49.846 habitantes (IBGE, 1991), nesse período houve a inserção de outras atividades econômicas na bacia como o comércio diversificado nas áreas urbanas, e no meio rural passou a predominar as culturas temporárias como a cana-de-açúcar.

Os dados expostos no gráfico 2 indicam também que a década de 2000 é marcada pela ascensão dos índices populacionais no município de Cianorte que passa a ter 57.401 habitantes esses índices mostram-se em desenvolvimento até o ano de 2007 com 64.498 habitantes (IBGE, 2000 e 2007). O aumento do número de habitantes no referido município segundo informações fornecidas pela PMC (2009) tem como principal responsável à ascensão das indústrias do vestuário que atualmente emprega grande parte dos habitantes do município.

O município de São Tomé, segundo a PMST (2009), teve sua ascensão a categoria de município no ano de 1960 seguindo a Lei Estadual número 4.245.

Quanto ao número de habitantes pertencentes ao município pode-se observar no gráfico 2, que desde o ano de 1970 até a atualidade houve um nítido decréscimo nos índices populacionais, sendo apresentado para o ano em questão 9.298 habitantes, já em 1980 o número de habitantes do município diminuiu para 7.160, para 5.115 no ano de 1991 e 5.045 no ano de 2000, chegando ao ano de 2007 com 4.126 habitantes (IBGE, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007). Esse fato se deve em partes as elevadas taxas de emigração da população para outros municípios em busca de empregos, que são escassos em São Tomé devido a frágil infraestrutura urbano-industrial do município (PMST, 2009).

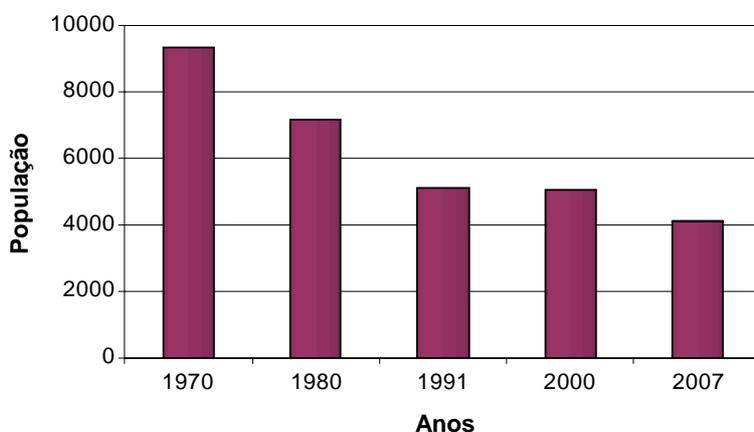


Gráfico 2: Evolução da população do município de São Tomé (1970-2007)

Fonte: IBGE (Censo demográfico de 1970, 1980, 1991 e 2000 e 2007)

No que se refere a evolução populacional na área urbana de Cianorte e São Tomé houve um significativo aumento no número de habitantes de ambas, pois no ano de 1970 o município de Cianorte tinha 23.540 habitantes, no ano de 1980 houve um acréscimo para 28.810 habitantes, em 1990 para 37.850 sendo que esse número evoluiu para 49.644 habitantes no ano de 2000 e para 57.040 em 2007 (Gráfico 3).

No município de São Tomé no ano de 1970 a área urbana era marcada por 1.732 habitantes, em 1980 por 2.002 habitantes já em 1991 chegou a 2.576 habitantes, em 2000 para

3.691 habitantes e no ano de 2007 o meio urbano era ocupado por 3.873 habitantes como mostra o gráfico 3 (IBGE, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007).

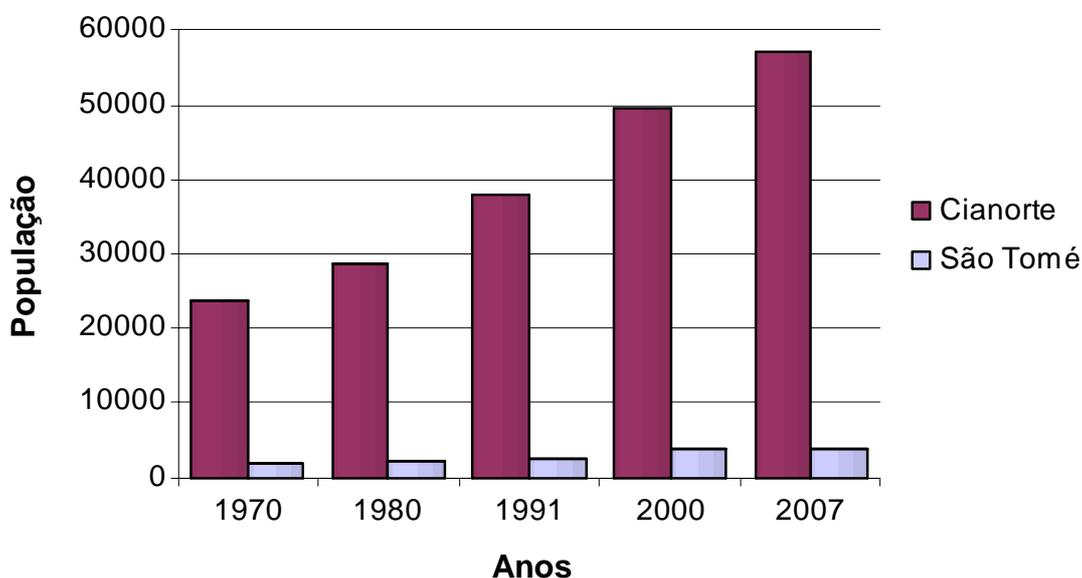


Gráfico 3: Evolução da população urbana dos municípios de Cianorte e São Tomé (1970-2007)

Fonte: IBGE (Censo demográfico de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007)

Diante dos aspectos socioeconômicos apresentados para a bacia do ribeirão São Tomé fica nítida a correlação entre os ciclos econômicos e a dinâmica populacional, esse fato se refere principalmente as diferentes fases pelas quais passou a agricultura desenvolvida na região. Dessa forma desde os primórdios de sua ocupação a região onde está inserida a bacia em estudo destacou-se pelo seu elevado potencial agrícola, dessa forma as condições do meio físico da área estão estreitamente relacionadas à distribuição dos tipos de propriedades rurais predominantes nos municípios de Cianorte e São Tomé.

No município de Cianorte observa-se um predomínio da área ocupada por culturas temporárias que corresponde a 22.323ha, para esse tipo de cultura sobressaem a produção de cana-de-açúcar e de grãos como a soja e o milho. A cultura permanente é outro destaque para a agricultura do referido município, pois ela ocupa 8.618ha que são destinados a produção do café e da fruticultura. Além disso, o meio rural de Cianorte tem sua área ocupada em minoria por pastagem com 1.025ha como mostra o gráfico 4 (EMATER, 2009).

Quanto a distribuição do meio rural no município de São Tomé foi possível constatar o predomínio da cultura temporária, que corresponde a 10.885,5ha essa porção do território municipal é ocupada principalmente pela cana-de-açúcar. Em segunda instância destacam-se as áreas ocupadas pelas pastagens que somam 5.500ha. E por último destacam-se as áreas

ocupadas pelas culturas permanentes com 3.433ha, que são voltados em sua maioria para o cultivo de frutas e do café como pode ser verificado no gráfico 4 (EMATER, 2009).

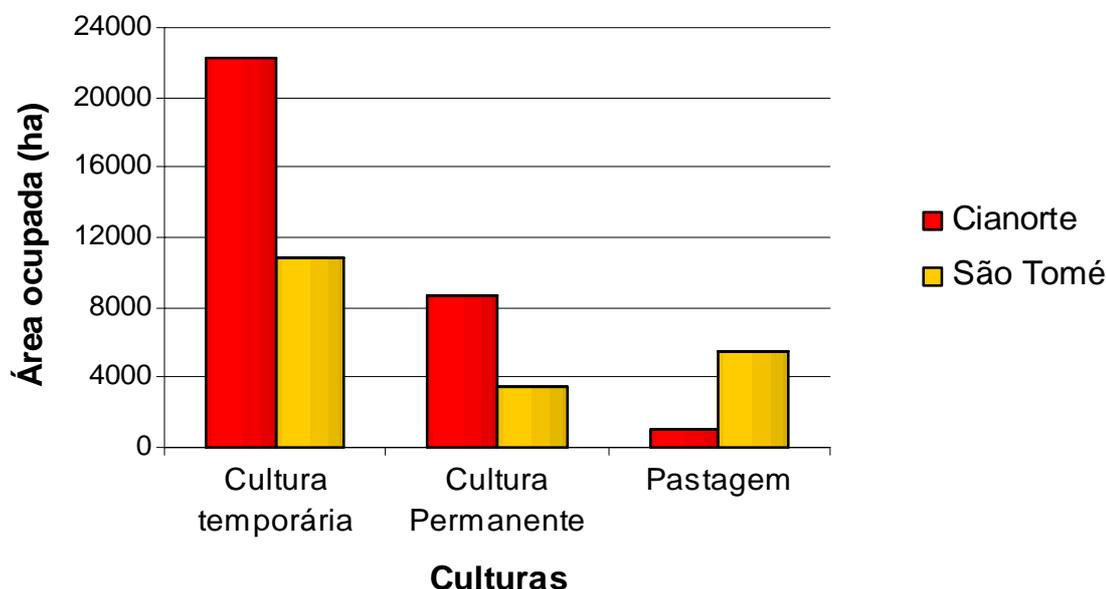


Gráfico 4: Ocupação das áreas rurais nos municípios de Cianorte e São Tomé

Fonte: EMATER (2009)

Associadas à dinâmica apresentada para alguns dos atributos, no sistema socioeconômico têm-se as condições dos elementos que integram o sistema físico-natural, uma vez que o processo de ocupação e evolução da população pode sofrer influências das características naturais da área e sobre elas influir.

4.3 SISTEMA FÍSICO-NATURAL

No sistema físico-natural foram analisados os aspectos relacionados aos atributos do meio físico da bacia do ribeirão São Tomé de forma integrada, onde serão destacadas as características do clima, do relevo, do substrato rochoso, do solo, das águas superficiais e da cobertura vegetal da bacia.

Sobre as características climáticas, o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (*Cfa*) apresenta verões com temperaturas médias superiores a 22°C e o inverno com geadas pouco frequentes e médias inferiores à 18°C (MAACK, 2002)

Segundo Maack (*op. cit*) no que se refere aos valores pluviométricos desse tipo climático são apresentadas médias anuais de 132mm. Quanto às médias mensais o mês com

maior índice pluviométrico é outubro com 184,7mm e o mês com menor índice de precipitação é agosto com 63,9mm.

Diante disso pode-se analisar de acordo com dados expostos no gráfico 5 a distribuição dos índices pluviométricos característicos da área de estudo para o período de 1976 a 2009. Podendo-se considerar que a maior média anual de precipitação foi registrada para o ano de 1983 com 189mm, enquanto que o menor índice pluviométrico registrado para o período ocorreu no ano de 1978 com 79,3mm.

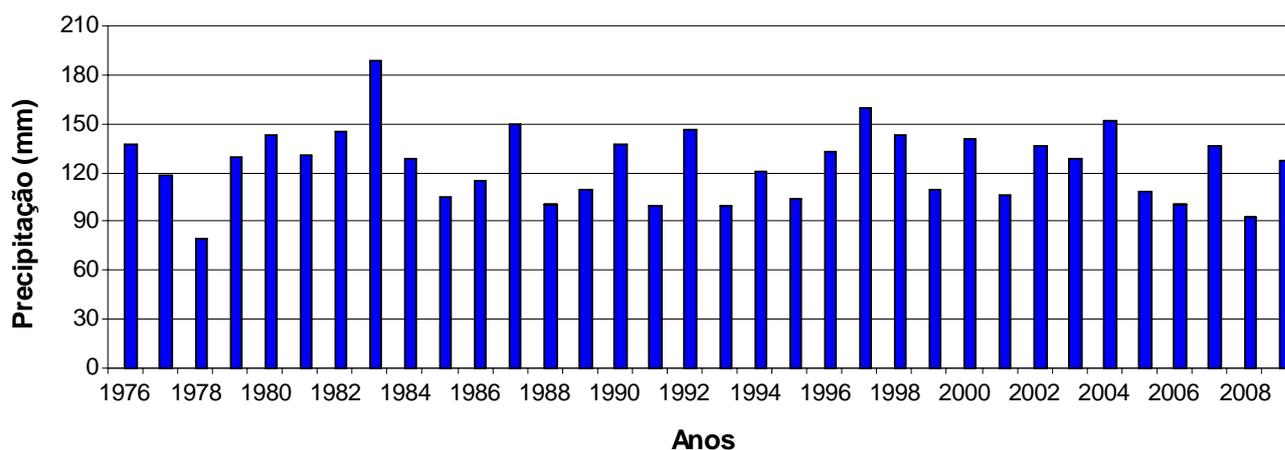


Gráfico 5: Médias anuais de precipitação para o período de 1976 a 2009

Fonte: SUDERHSA (2009)

A análise da precipitação média para os meses correspondentes aos anos de 1976 a 2009 demonstrou que o maior índice de precipitação registrado na série histórica foi para o mês de janeiro com 189,9mm e o menor índice médio destacou-se para o mês de julho com 65,0mm (Gráfico 6).

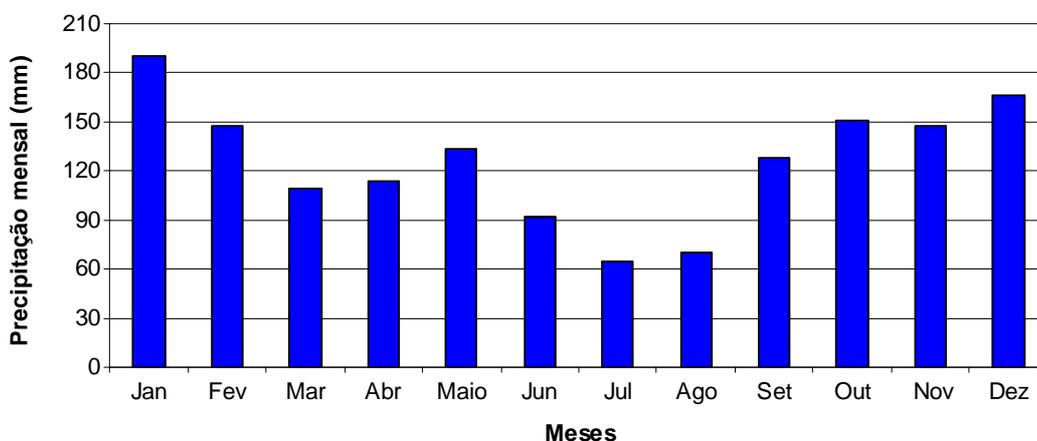


Gráfico 6: Médias mensais de precipitação para o período de 1976 a 2009

Fonte: SUDERHSA (2009)

A partir dos dados expostos pode-se averiguar a distribuição dos índices pluviométricos por intermédio de uma análise anual e mensal, isso evidenciou uma maior concentração da

precipitação nos meses de verão e a presença de baixos índices de chuva no inverno, sendo que essas características denotam o regime pluviométrico do tipo climático predominante na região.

A utilização de elementos climáticos como ferramenta para a análise da degradação de uma bacia hidrográfica, baseia-se principalmente na caracterização de índices pluviométricos, uma vez que esse elemento atrelado à dinâmica do meio antrópico é um dos responsáveis pela ocorrência de feições erosivas, fato que pode ser constatado em vários locais no interior da bacia do ribeirão São Tomé.

Segundo Guerra e Cunha (2003) a ação da pluviosidade atrelada a ausência de planejamento no uso e ocupação do solo acarretam no aumento do escoamento superficial, com isso os fluxos d'água superficiais podem erodir os solos e remover nutrientes básicos levando a degradação de algumas propriedades essenciais do mesmo.

Além disso, o aumento nas taxas de escoamento superficial em áreas com solo exposto, ou seja, mais vulnerável aos efeitos dos agentes naturais e sociais podem ser transformados em locais de produção de sedimentos que posteriormente serão transportados para os cursos d'água podendo acarretar no assoreamento dos mesmos. Nesse sentido Canil (2006) destaca que as alterações na morfologia dos terrenos que levam a exposição de solos frágeis sob a ocorrência de elevadas taxas de escoamento superficial podem resultar em intensos processos de erosão e transporte dos solos tanto em áreas de uso urbano quanto em áreas rurais.

Diante das questões apresentadas sobre a característica erosiva das chuvas pode-se considerar que os anos e os meses marcados por maiores picos pluviais são períodos que se destacam pela maior produção de sedimentos na bacia do ribeirão São Tomé o que tem acarretado no assoreamento de alguns trechos do curso d'água (Figura 7), sendo que a produção de tais sedimentos também é impulsionada pelas formas de uso e ocupação da bacia marcada em partes pelo processo de urbanização.

A ação erosiva das chuvas pode ser constatada em alguns trechos do alto curso da bacia em estudo, principalmente nas áreas de nascente do ribeirão São Tomé como, por exemplo, no interior do Parque Municipal Cinturão Verde, onde foi constatada a ocorrência de feições erosivas do tipo sulcos, ravinas e voçoroca, tais feições são resultantes da ação erosiva das chuvas associada à morfologia local do terreno, que é marcado pela declividade acentuada e a susceptibilidade do tipo de rocha e de solos à ação pluvial.

Além disso, a formação das feições erosivas descritas pode ter sido acelerada pela impermeabilização das áreas localizadas nos arredores do parque que aceleraram o escoamento superficial, responsável em partes pelo carreamento do solo (Figura 8).



Figura 7: Alto curso do rib. São Tomé assoreado

Fonte: Coleta de campo (2009)



Figura 8: Feição erosiva indicando a ação erosiva das chuvas no alto curso da bacia em estudo

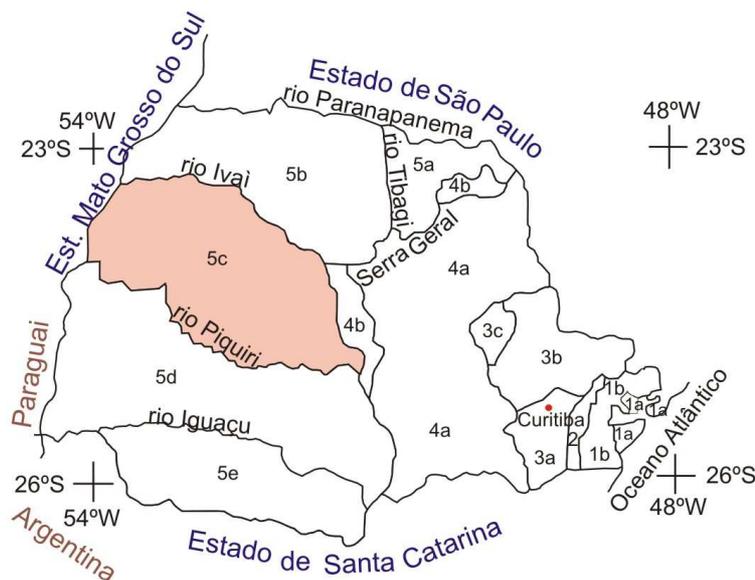
Fonte: Coleta de campo (2009)

Dessa forma deve-se considerar também que a produção dos sedimentos no interior da referida bacia hidrográfica ocorre principalmente, por meio da dinâmica natural dos solos e das rochas que devido as suas características estruturais normalmente não oferecem resistência à ação da água pluvial. No entanto, esse fato toma proporções alarmantes quando sofre a influência da implantação de atividades antrópicas no entorno dos cursos d'água, que podem favorecer o aumento do escoamento superficial, e com isso acelerar o transporte de partículas dos solos e rochas que pode levar os cursos d'água à degradação em um curto período.

De acordo com as condições do relevo o Terceiro Planalto Paranaense, segundo Maack (2002) é marcado por altitudes que variam de 1.100m a 1.250m nas escarpas da Serra da Boa Esperança e declinam em direção ao rio Paranapanema ao norte, chegando a aproximadamente 300m de altitude, e a oeste, em direção ao rio Paraná, variando entre 220m e 300m. Sendo que esse planalto é caracterizado por extensos platôs, com topos aplainados levemente convexos nos divisores das principais bacias hidrográficas do Estado.

Conforme a classificação do relevo paranaense realizada por Maack (*op. cit*) o Terceiro Planalto foi subdividido da seguinte forma: Planalto de Cambará, São Jerônimo,

Planalto de Apucarana, Planalto de Campo Mourão onde esta inserida a área em estudo, Planalto de Guarapuava e o declive do Planalto de Palmas (Figura 9).



- 1- Zona Litorânea: a- orla marítima, b- orla da serra;
 2- Serra do Mar;
 3- Primeiro Planalto: a- planalto de Curitiba, b- região montanhosa de Açungui, c- planalto de Maracaná;
 4- Segundo Planalto: região ondulada do Paleozóico, b- região das mesetas Mesozóicas;
 5- Terceiro Planalto: a- planalto de Cambará e São Jerônimo, b- planalto de Apucarana, c- Planalto de Campo Mourão, d- planalto de Guarapuava, e- declive do planalto de Palmas.

Figura 9: Compartimentos geomorfológicos propostos por Maack (2002) para o Estado do Paraná

Fonte: Modificado de Maack (2002, p. 110)

Segundo o autor o Planalto Campo Mourão, mede 1.150m de altitude na escarpa da Serra Geral inclinando-se num percurso de 265km em direção ao rio Paraná onde chega a 225m de altitude. Sobre as características dessa subunidade morfoestrutural Ross (2006), aponta que a mesma ocupa uma área total de 11.332km², sendo o relevo caracterizado por baixa dissecação, com a presença de topos aplainados e as vertentes por sua vez são marcadas por formas retilíneas e côncavas na base.

A partir das características do relevo descritas para a região Noroeste do Paraná, foi realizada uma análise específica do relevo para a bacia do ribeirão São Tomé, para isso foi desenvolvida uma caracterização da hipsometria, da declividade e das formas das vertentes representadas em perfis transversais.

A análise do relevo na bacia do ribeirão São Tomé realizada a partir da caracterização hipsométrica da área, demonstrou uma variação das cotas altimétricas de 557m à montante para 260m à jusante (Figura 10).

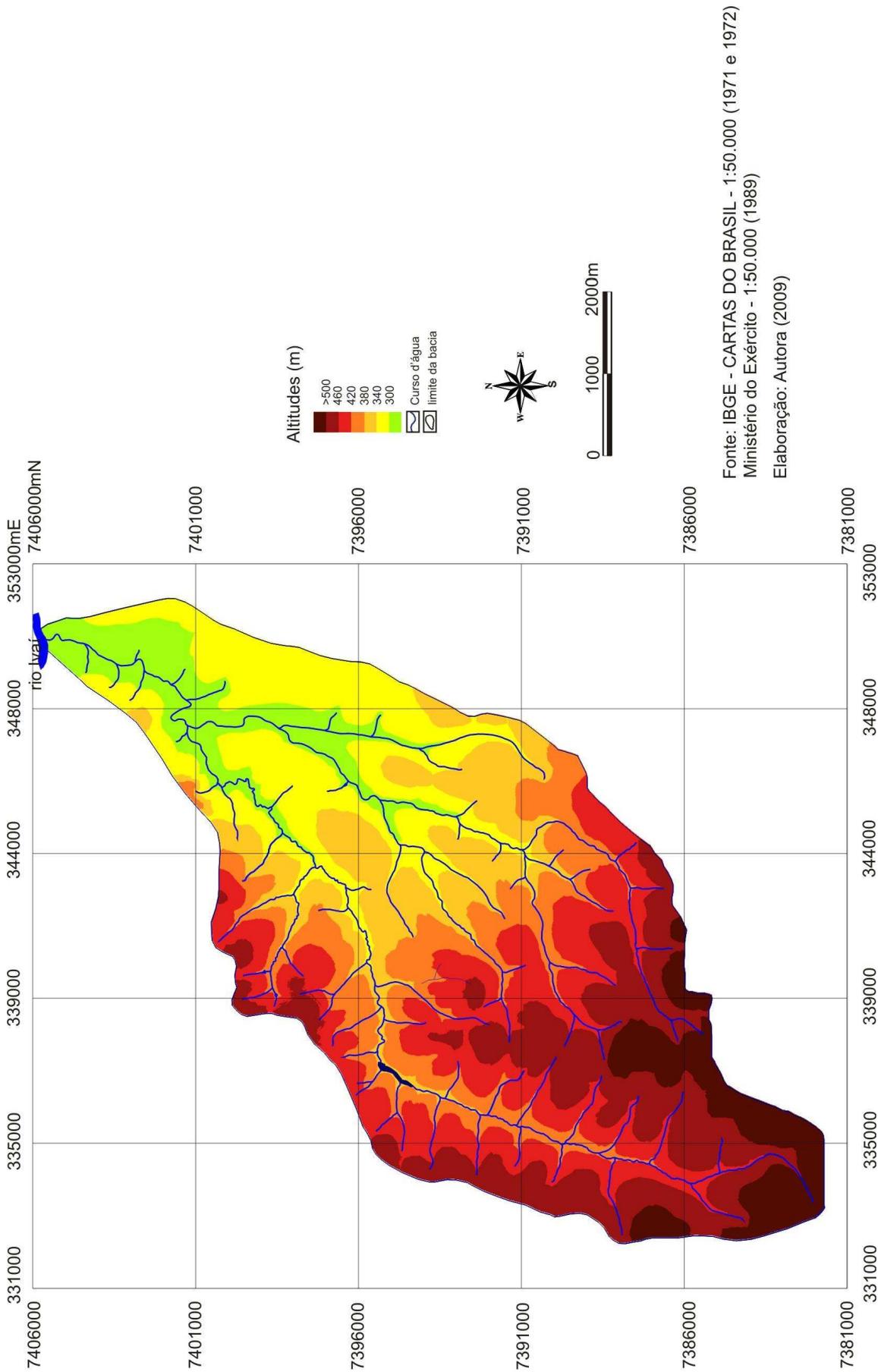


Figura 10: Hipsometria da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Dessa forma na bacia em estudo as classes de maior altitude com cotas superiores a 500m se concentram na área urbana e periurbana de Cianorte, onde estão localizadas as principais nascentes do ribeirão São Tomé.

As classes marcadas por valores de altitude correspondentes a 420m e 460m integram o alto e grande parte do médio curso da bacia em estudo, contemplando formas distintas de uso e ocupação do solo, que compreendem áreas urbanas, culturas temporárias, áreas de preservação permanente como o Parque Municipal do Cinturão Verde e com as formações vegetais que constituem a mata ripária presente nas proximidades dos cursos d'água (Figura 11).

Enquanto isso nas áreas de menor altitude que fazem parte das classes de 260m, 300m, 340m e 380m encontram-se principalmente as culturas temporárias como o milho e a cana-de-açúcar, além de áreas voltadas à preservação da mata ripária onde se tem a manutenção da dinâmica de ambientes relacionados aos cursos d'água que fazem parte do ribeirão São Tomé (Figuras 12).



Figura 11: Expansão da área urbana e o Parque municipal do Cinturão Verde
Fonte: Coleta de campo (2009)



Figura 12: Culturas temporárias com vista para as Áreas reservadas à preservação da vegetação
Fonte: Coleta de campo (2010)

Diante das colocações apresentadas para a análise hipsométrica da área em estudo, vale salientar a relação existente entre a hipsometria com as diferentes formas de uso e ocupação, por exemplo, as localidades de maior altitude concentram as áreas urbanas, em contrapartida as áreas marcadas por menores índices altimétricos não se mostraram propícias à implantação do meio urbano, mas sim a ocupação por culturas temporárias e pela pastagem. Essas considerações podem ser observadas no trabalho de Mendonça (1999), que coloca a

análise hipsométrica de uma bacia hidrográfica como sendo um fator primordial para a observação altimétrica do relevo relacionado com a análise dos processos ligados à dinâmica de uso e ocupação do solo.

No que se refere à análise da declividade, Lespech (1991) ressalta que esse fator está diretamente ligado à ocorrência de impactos ambientais, pois quanto maior for o declive maior será a velocidade do escoamento da água sobre esta superfície, e conseqüentemente, maior será sua instabilidade.

Conforme a relação estabelecida entre a declividade e as taxas de escoamento superficial traçada pelo autor foi analisada a distribuição das classes de declividade na bacia do ribeirão São Tomé (Figura 13).

Pode-se verificar a presença da classe de declividade marcada pelo intervalo de 0-3% com relevo plano ou quase plano, onde o escoamento superficial é lento e não oferece riscos de causar erosão. Essas áreas podem ser caracterizadas como adjacentes de regiões com maiores declives e por isso podem ser consideradas como receptoras de água e de sedimentos oriundos de localidades marcadas por maiores classes de declividade.

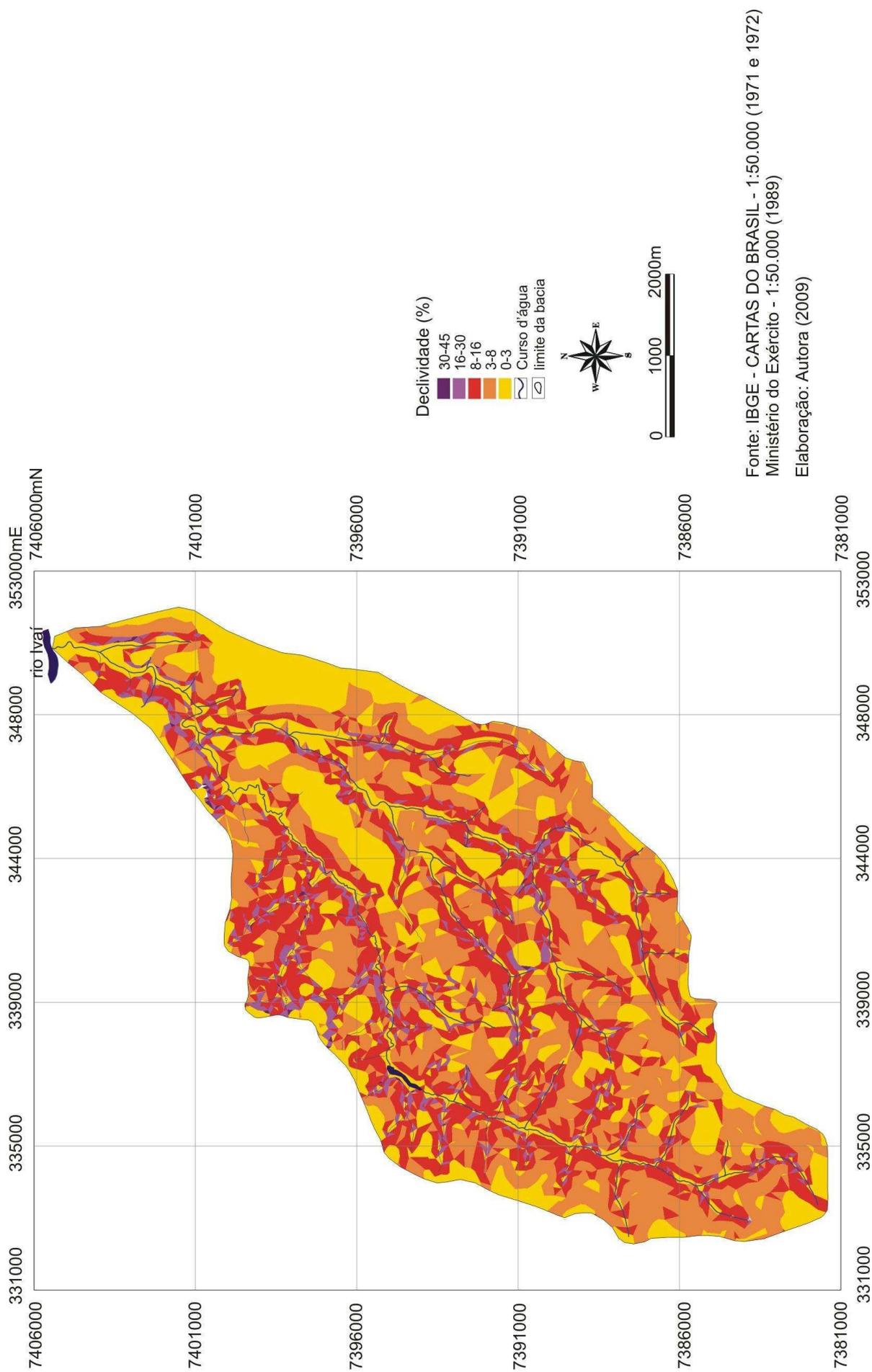


Figura 13: Declividade da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

No entanto observa-se um predomínio da classe de declividade integrada pelo intervalo de 3-8% que corresponde a 33,8% da bacia onde estão presentes as áreas de relevo suave, nos quais o escoamento superficial é lento ou médio. Seguindo para a classe de 8-16% destacam-se áreas de relevo ondulado, com escoamento superficial que na maioria das vezes se manifesta de médio a rápido (Figura 14).

Diante disso as formas das vertentes características das classes de declividade abordadas são típicas de relevo suave e ondulado (Figura 15), que em geral não apresentam grandes dificuldades para a implantação de atividades agrícolas e urbanas, além disso, esses percentuais de declividade apoiados pelo uso de técnicas agrícolas adequadas impedem a ocorrência de feições erosivas, pois o escoamento superficial como já colocado anteriormente, apresentam-se de lento a rápido e esse fator quando atrelado a conformidade do meio antrópico não acarreta em grandes alterações dos recursos naturais pertencentes à área.



Figura 14: Vertente característica de relevo ondulado no médio curso da bacia em estudo

Fonte: Coleta de campo (2009)



Figura 15: Vertente sob relevo suave no alto curso da bacia em estudo

Fonte: Coleta de campo (2009)

Enquanto que, para as classes de 16-30% e de 30-45% são encontrados consecutivamente relevo fortemente ondulado, integrando áreas com escoamento superficial rápido e localidades de relevo fortemente inclinado cujo escoamento superficial é muito rápido. Essas duas classes de declividade descritas representam áreas localizadas nas proximidades dos cursos d'água, onde normalmente as vertentes apresentam classes altas de declividade. Devendo-se considerar que esse fator atrelado à influência das ações antrópicas que podem ser os principais responsáveis pelo desmatamento da mata ripária, pode acarretar na formação de feições erosivas nas proximidades dos canais fluviais.

Diante disso, pode-se verificar a presença de feições erosivas do tipo ravina numa área caracterizada por classes com declividade alta (16-30% e 30-45%), um dos tipos encontrados foi uma feição que apresenta aproximadamente 2,0m de profundidade e não atinge o nível freático (Figura 16).



Figura 16: Feição erosiva do tipo ravina no médio curso da bacia com declividade de 16-30%

Fonte: Coleta de campo (2009)

A referida feição erosiva tem sua formação atrelada à presença de uma galeria pluvial que descarta a água provinda do Distrito de Vidigal próximo as margens do curso d'água do ribeirão Carandaí. Podendo-se verificar com isso que a mesma foi instalada de forma irregular e esse fato associado às altas classes de declividade da área pode proporcionar o aumento da velocidade do fluxo superficial e também acarretar no transporte dos materiais das margens para o leito do ribeirão, o que além de provocar mudanças na morfometria do canal também auxiliam no transporte das partículas que podem causar o assoreamento do mesmo, devido à retirada de constituintes dos solos e das rochas pela ação da água provinda em parte da galeria pluvial que são transportados para o curso d'água.

Para uma melhor caracterização das formas do relevo da bacia do ribeirão São Tomé foram realizados perfis topográficos transversais, que representaram áreas específicas do relevo pertencente ao alto curso (perfil A-B), ao médio curso (perfil C-D) e ao baixo curso (perfil E-F) da bacia do ribeirão São Tomé (Figura 17). Conforme destacado por Oliveira (1983), os perfis transversais são de extrema importância na descrição superficial, já que a mesma passa a ser analisada verticalmente a partir de um traçado onde estão representadas as formas do terreno.

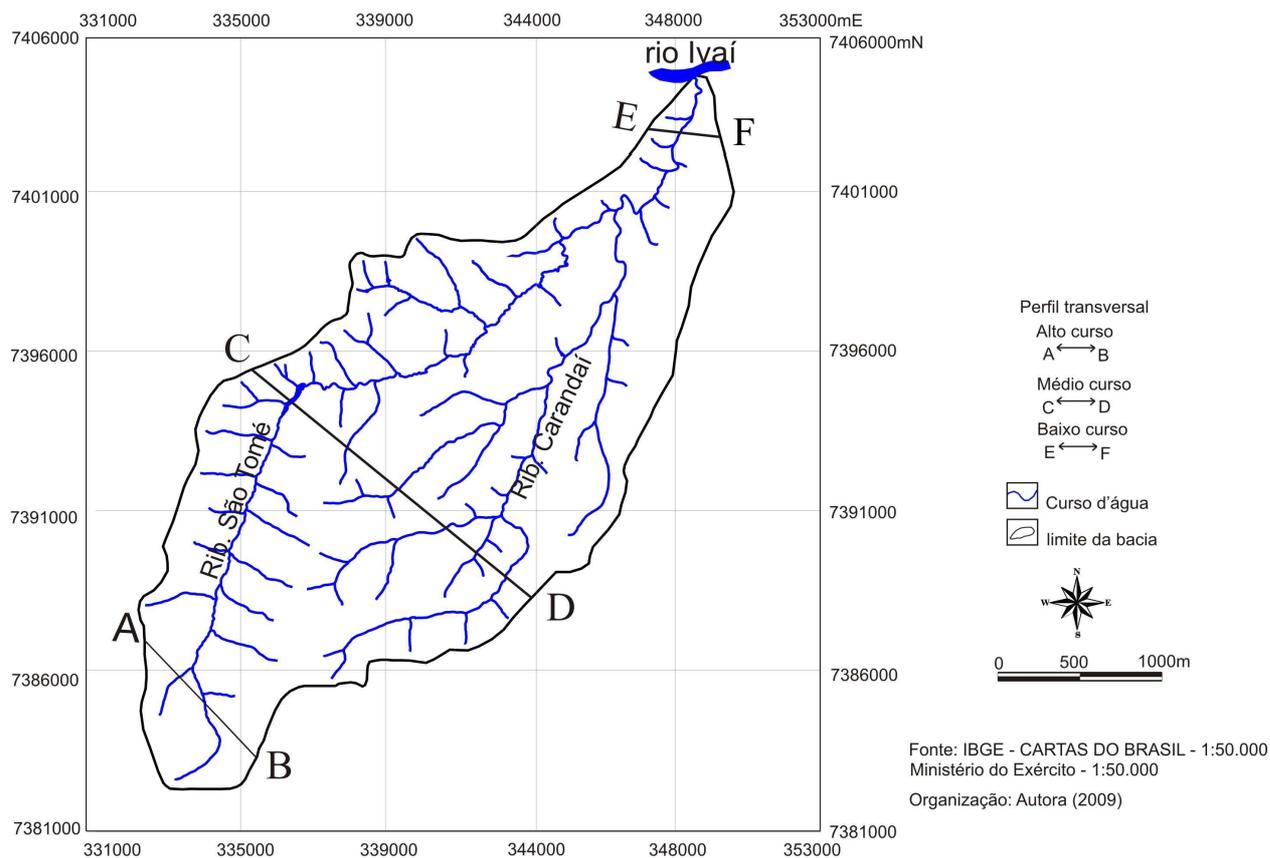


Figura 17: Localização dos perfis transversais na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

A análise dos perfis transversais na bacia estudada procurou representar as formas do relevo por meio da configuração das vertentes, considerando-se os diferentes cursos d'água que integram a bacia.

O perfil transversal A-B (Figura 18) demonstra as formas do relevo da área onde estão localizadas as principais nascentes do ribeirão São Tomé apresentando altitudes que variam de 460m a 540m, compreendendo uma distância de 5.342m. Sendo que quanto às formas das vertentes verifica-se o predomínio da configuração de vertentes convexas, além de apresentar-se côncava em baixa vertente próximo aos cursos d'água, onde estão concentradas as áreas de menor altitude com 460m.

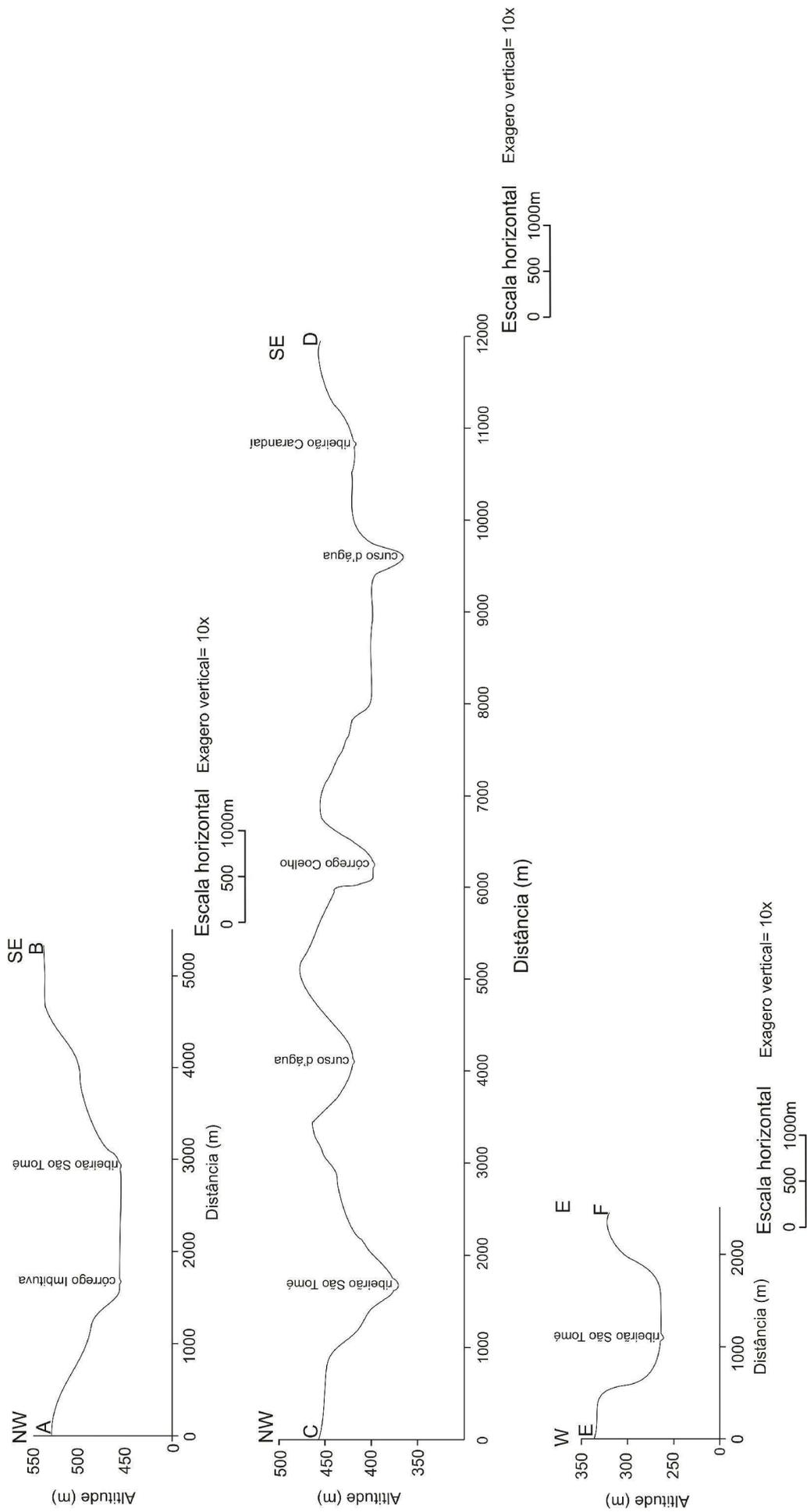


Figura 18: Perfis Transversais A-B, C-D e E-F na bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

O perfil C-D representa as formas do relevo de uma área pertencente ao médio curso da bacia em estudo, apresentando altitudes que variam de 360m a 480m e com uma distância de 11.910m (Figura 18). As formas do relevo caracterizadas nesse perfil estão configuradas em parte de acordo com a dinâmica fluvial apresentada pelo curso d'água dos ribeirões São Tomé e Carandaí, uma vez que compreende a área de drenagem desses dois canais fluviais.

As vertentes representadas no devido perfil apresentam primeiramente formas convexas em alta e média vertente e côncavas em baixa vertente sendo marcadas por algumas quebras de relevo devido a inserção de cursos d'água que se sobressaem nas formas do relevo analisado.

A área representada nesse perfil está sob a influência de culturas temporárias onde se utiliza de maquinários para adequar o terreno às necessidades dos produtos a serem cultivados (Figuras 19 e 20).



Figura 19: Vertentes convexas ocupadas por culturas temporárias

Fonte: Coleta de campo (2009)



Figura 20: Vertentes convexas com vista para a cidade de São Tomé

Fonte: Coleta de campo (2010)

E por fim, no perfil transversal E-F (Figura 18) estão representadas as formas do relevo pertencentes ao baixo curso da bacia do ribeirão São Tomé, com altitudes que variam de 260m no curso d'água do ribeirão em estudo a 346m que destaca-se como a área de maior altitude representada no perfil, abrangendo uma distância total de 2.400m.

O referido perfil apresenta unidades convexas que correspondem aos primeiros 500m representados, sendo que no sopé dessa vertente marcada pela convexidade observa-se uma unidade côncava que serve como passagem entre a unidade convexa e a unidade retilínea que é marcada pelo curso d'água do ribeirão São Tomé, podendo-se observar ao longo do perfil

que a área marcada pela influência direta do ribeirão possui uma extensão aproximada de 850m.

Diante da correlação realizada entre as formas das vertentes e as possíveis alterações aceleradas pela ação humana, Bigarella (1985) coloca que as modificações impostas ao meio natural, pela ação antrópica, provocaram alterações significativas nas formas do modelado do relevo. Entre elas, destaca-se a remoção das formas superficiais, dando origem aos sulcos, ravinhas e voçorocas; rupturas de declive; passagem de vertentes convexas para côncavas com nichos de movimentos de massa. Na bacia em estudo foram encontradas evidências das observações realizadas pelo autor, por meio da presença de feições erosivas e de rupturas de declive.

Quanto ao substrato rochoso presente na bacia do ribeirão São Tomé verifica-se a presença de duas formações distintas, a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral (Figura 21).

A Formação Caiuá, segundo Fernandes (1992), recobre aproximadamente uma área de 70.000Km² na região Noroeste do Paraná, constituindo-se por uma camada formada por arenitos que estão assentados de forma discordante sobre os basaltos da Formação Serra Geral. Esta formação está recoberta por uma espessa cobertura pedológica proveniente do próprio arenito, segundo Gasparetto e Souza (2003).

Quanto ao surgimento, a referida Formação foi datada para a era do Mesozóico no período Cretáceo Médio Superior (MINEROPAR, 2009).

De acordo com Suguio (1980), as rochas da Formação Caiuá são constituídas predominantemente por arenitos que apresentam como constituinte essencial o quartzo, que varia de 75% a 90% do total da rocha; secundariamente, aparecem os feldspatos, microclínio e plagioclásio, com teores compreendidos entre 5% e 10%, e subordinadamente calcedônia, opala e muscovita.

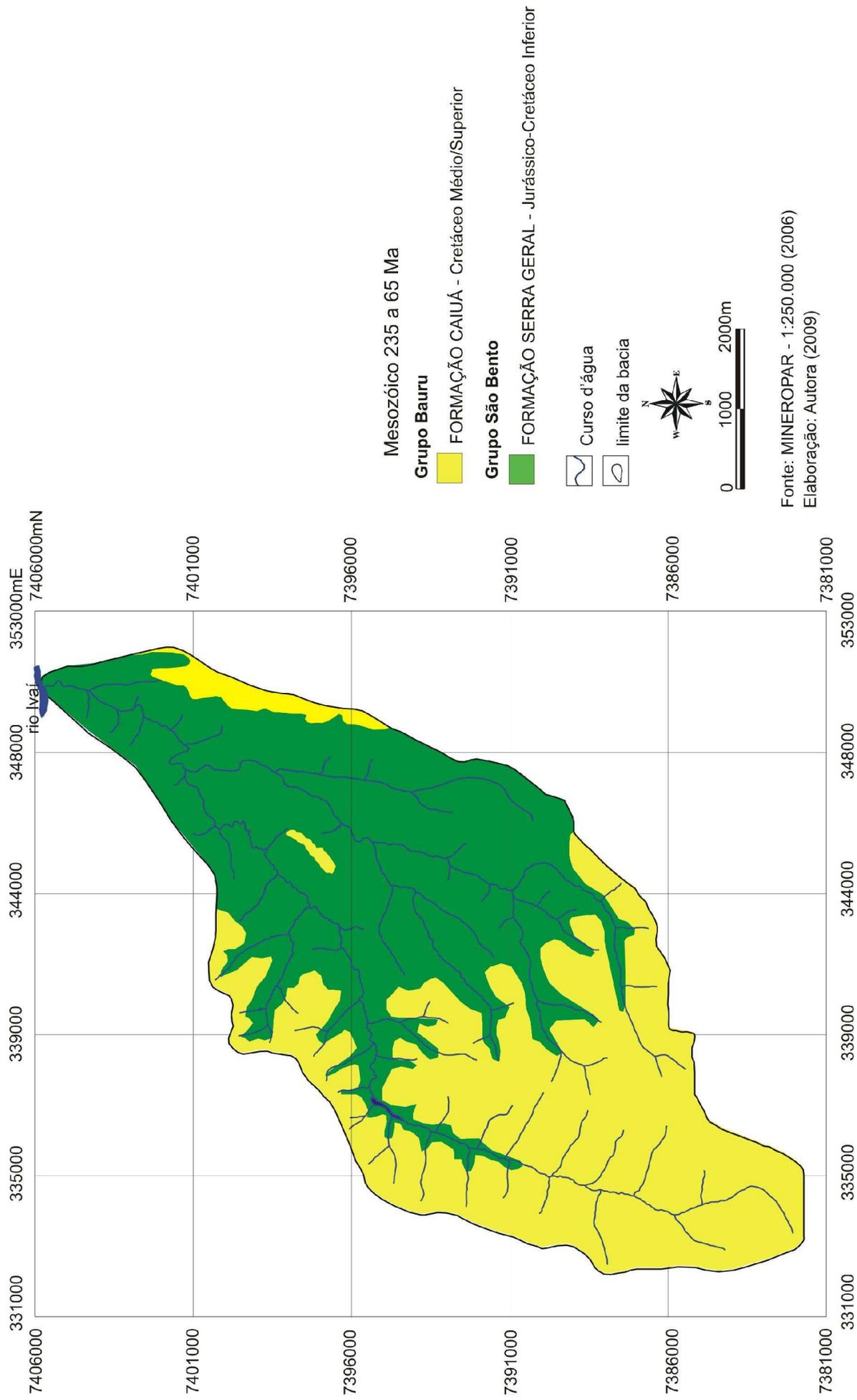


Figura 21: Substrato rochoso da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Souza (2003) considera a Formação Caiuá como uma sequência litoestratigráfica formada por arenitos de coloração vermelho-arroxeados altamente friáveis, com granulometria fina a média, compostos em alguns casos por cimento carbonático e ferruginoso, localmente foram observadas estas mesmas características. Essas evidências atestam à suscetibilidade natural das rochas dessa formação à ação intempérica dos agentes naturais. Além das interferências que podem ocorrer em seu processo natural devido à influência das atividades antrópicas.

A presença da Formação Caiuá pode ser constatado para o alto e partes do médio curso da bacia do ribeirão São Tomé, sendo que a área integrada pelo seu alto curso, onde estão localizadas suas principais nascentes destacam-se o acamamento visível do arenito (Figura 22).

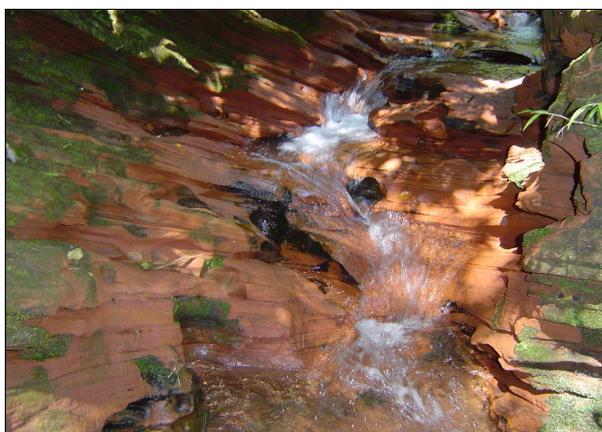


Figura 22: Camadas de arenito estratificado no alto curso do ribeirão São Tomé

Fonte: Coleta de campo (2009)

Parte da área em estudo assenta-se sobre as rochas da Formação Serra Geral, resultante do derramamento de lavas basálticas que segundo, MINEROPAR (2009) são datadas do período Jurrásico-Cretáceo Inferior.

A área integrada pela bacia do ribeirão São Tomé que está sob a influência da Formação Serra Geral é marcada pela presença de rochas básicas que conforme salientado por Pinese e Nardy (2003), tratam-se de basaltos constituídos especialmente por plagioclásio e piroxênios-augita. Via de regra, são de coloração cinza escura a negra, maciços ou vesiculares, subfaneríticos de granulação variando de média a muito fina, pertencentes ao Grupo São Bento.

De acordo com a distribuição da Formação Serra Geral no interior da bacia em estudo, nota-se a predominância dessa formação no médio e baixo curso da bacia do ribeirão São

Tomé, sendo que em certos locais marcados pela presença dessa formação pode-se verificar o afloramento do basalto nas áreas de baixa vertente próximo aos cursos d'água.

Em alguns trechos do ribeirão São Tomé assentados sob a Formação Serra Geral podem ser encontradas a presença de quedas d'água (Figura 23), que são caracterizadas de forma geral por Guerra e Guerra (2003) como sendo degraus existentes no perfil longitudinal de um rio, que provocam interrupções na continuidade do declive. Os autores ressaltam que esses degraus podem ter sido produzidos por movimentos tectônicos como falhas geológicas ou até mesmo pela erosão diferencial.

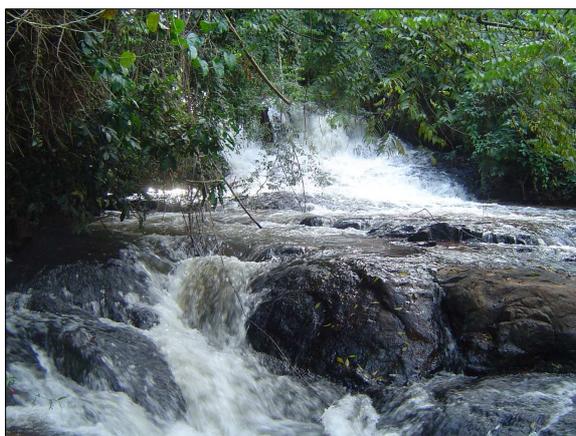


Figura 23: Presença do basalto com a formação de quedas d'água no médio curso do ribeirão São Tomé

Fonte: Coleta de campo (2009)

A ocorrência dos distintos substratos rochosos na bacia está intimamente associada às formas do relevo, pois a distribuição das classes hipsométricas e de declividade demonstraram essa dinâmica. Nesse sentido pode-se constatar que as áreas da bacia que estão sob a influência da Formação Caiuá predominam as classes de hipsométricas com 420m, 460m e superiores à 500m e de declividade com 0-3% e de 3-8%. Enquanto que para as áreas pertencentes à Formação Serra Geral destacam as classes hipsométricas com 300m, 340m e 380m e valores de declividade com 8-16%, 16-30% e de 30-45%.

Sobre os tipos de solos presentes na área em estudo nota-se que sua distribuição está diretamente relacionada aos distintos substratos rochosos que compõe a área, e também devido as diferentes formas do relevo que podem ser encontradas. Bigarella et. al. (1996) salientam que a formação de um perfil de solo é muito complexa; envolve um conjunto de fatores, dentre eles o clima, a cobertura vegetal, o substrato rochoso e o relevo, sendo que a influência do relevo e do substrato rochoso são importantes, não somente devido à

declividade e ao material original do solo, mas também em relação a circulação hídrica interna no mesmo.

Quanto à dinâmica hídrica dos solos atrelada as formas do relevo os autores atentam para o comportamento da água das chuvas, que em parte se infiltra, e em parte esco superficialmente. Nas vertentes muito íngremes a erosão superficial pode carrear o material intemperizado tão logo este seja formado, nelas a drenagem é rápida e os solos apresentam-se mais secos do que naqueles das regiões mais planas.

Diante das relações apresentadas anteriormente entre os referidos atributos do meio físico, torna-se importante considerar a distribuição diferenciada dos tipos de solos presentes na área de predominância da Formação Serra Geral e da Formação Caiuá encontradas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná.

Segundo as pesquisas desenvolvidas por Nakashima e Nóbrega (2003) na região Norte Central e na região Noroeste do Paraná, foram constatados nas áreas formadas pela Formação Serra Geral a seguinte distribuição de solos ao longo das vertentes: Latossolo Vermelho Distroféricos, Eutroféricos, Distróficos e Eutróficos de textura argilosa, nos topos e alta vertente, Nitossolo Vermelho Distroféricos, Eutroféricos, Distróficos e Eutróficos nas médias e baixas vertentes e Gleissolos nas várzeas.

No que se refere à caracterização dos referidos tipos de solo, o Latossolo Vermelho segundo Nakashima e Nóbrega (*op. cit.*) desenvolvem-se em vertentes suavemente onduladas com declividade variando de 3-8%, apresentando horizonte A com mais de 150m de espessura e horizonte B latossólico imediatamente abaixo do horizonte A, sendo caracterizados por profundidade superior a 300m. De acordo com a EMBRAPA (1999) esse tipo de solo apresenta os horizontes A-Bw-C, marcados por transições difusas. A coloração é geralmente bruno-avermelhada no horizonte A e vermelho-escura no horizonte B, são solos com estrutura moderadamente desenvolvida, com consistência ligeiramente dura quando seco, friável quando úmido, plástica e pegajosa quando molhado. As análises granulométricas realizadas na área demonstraram elevados teores de argila ultrapassando os 80%.

Quanto ao Nitossolo Vermelho, Nakashima e Nóbrega (2003) atentam para a presença do horizonte Bnítico com argila de atividade baixa, com textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismático moderado, com superfície dos agregados reluzentes, fato que está relacionado a presença de cerosidade nos mesmos. Essa classe de solos apresenta transição gradual entre os horizontes A e B e difusa entre os subhorizontes do B, caracterizando-se por solos profundos bem drenados de coloração vermelha, sendo em geral moderadamente ácidos a ácidos.

Outro tipo de solo característico das áreas da bacia que estão sob a influência da Formação Serra Geral é o Gleissolo, que segundo Lepsch (2002) são solos desenvolvidos em materiais inconsolidados (sedimentos ou saprólitos) e muito influenciados por encharcamento prolongado, tais condições normalmente são ocasionadas por uma relativa proximidade do lençol freático à superfície, o que causa a saturação dos poros, essa saturação na presença de matéria orgânica, diminui o oxigênio dissolvido e provoca a redução química e dissolução dos óxidos de ferro, que são transformados e parcialmente removidos, fazendo com que surjam cores acinzentadas no horizonte sub-superficial.

Esse tipo de solo apresenta horizonte *glei* dentro dos primeiros 50cm de profundidade, estando imediatamente abaixo do horizonte A ou E, sendo precedidos pelo horizonte B ou C com presença de mosqueamentos (EMBRAPA, 1999).

Na área de ocorrência da Formação Caiuá, onde o material de origem dos solos é o arenito, Nakashima e Nóbrega (2003) encontraram os seguintes tipos de solos: o Latossolo Vermelho Distroférricos, Eutroférricos, Distróficos e Eutróficos de textura arenosa/média predominante nos topos e em alta vertente, o Argissolo Vermelho de textura arenosa/média nas médias e baixas vertentes e Gleissolos no sopé das vertentes.

Quanto ao Latossolo Vermelho a maior diferença em relação ao predominante na Formação Serra Geral se refere às características granulométricas, pois segundo dados fornecidos pela EMBRAPA (1999) esse tipo de solo apresenta baixos teores de argila que são inferiores a 20%, alcançando profundidades superiores a 300m.

O Argissolo Vermelho, segundo a EMBRAPA (*op. cit.*), são caracterizados por argila de baixa atividade, contendo um horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo do horizonte superficial, apresentando uma sequência de horizontes marcada por A-Bt-C.

Além disso, os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados dependendo das condições do relevo no qual são encontrados, são normalmente de coloração avermelhada e amarelada (matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR), sua textura varia de arenosa para argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. Quanto à acidez, são forte a moderadamente ácidos (EMBRAPA, 1999).

Na bacia do ribeirão São Tomé foi verificado para as áreas que estão sob a Formação Caiuá um predomínio do Latossolo Vermelho que ocupada partes do alto e médio curso da bacia que possui também áreas associadas à presença do Argissolo Vermelho. Já nas áreas onde o material de origem é a Formação Serra Geral o tipo de solo predominante é o Nitossolo Vermelho que limita-se com o Latossolo Vermelho (Figura 24).

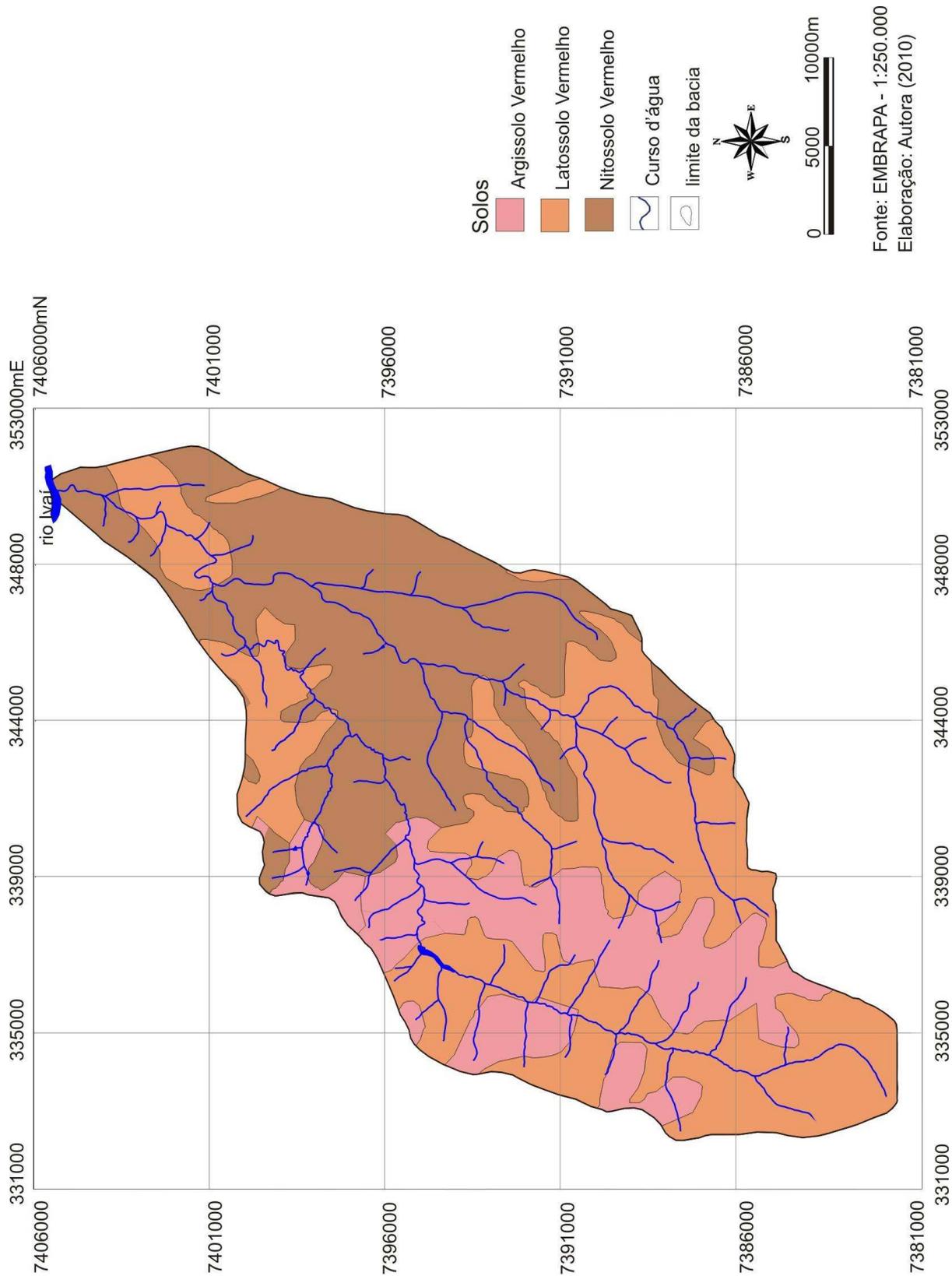


Figura 24: Solos da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Associando a distribuição dos tipos de solos presentes na bacia com as características do relevo verifica-se para a hipsometria que o Latossolo Vermelho tem sua ocorrência marcada por áreas com altitudes mais elevadas de 460 a >500m. O Nitossolo Vermelho apresenta-se em locais com altitudes variando de 300 a 380m. E o Argissolo Vermelho é encontrado nas áreas com altitude entre 380 a >500m.

Quanto à declividade nota-se que o Latossolo Vermelho está associado em sua maioria à presença de menores classes (0-3%, 3-8% e de 8-16%). Já o Nitossolo Vermelho é marcado por algumas localidades integradas pelas maiores classes de declividade presentes na bacia (16-30% e 30-45%). O Argissolo Vermelho compreende áreas com declividades predominantemente de 3-8% e de 16-30%.

Os substratos rochosos presentes na bacia constituem-se como um dos fatores que caracterizam os componentes dos tipos de solos, esses componentes vão influenciar nas formas de uso e ocupação pelas atividades antrópicas.

Dessa forma são encontradas nas áreas cujos tipos de solos são resultantes da Formação Serra Geral a predominância de culturas temporárias seguidas por culturas permanentes, onde no último caso podem ser constatadas a presença de pequenas propriedades mantidas em partes pelo cultivo do café. Dessa forma, é possível observar na figura 25 a vista parcial de uma vertente cujos tipos de solos são resultantes da Formação Serra Geral, e a mesma apresenta uma distribuição irregular da cultura cafeeira.



Figura 25: Vertente sob a Formação Serra Geral ocupada em parte pela cultura anual no médio curso da bacia do ribeirão São Tomé

Fonte: Coleta de campo (2009)

Quanto ao uso dos tipos de solos resultantes da Formação Caiuá foi encontrado um predomínio por culturas temporárias com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar (Figura 26) e da soja, essas culturas limitam-se com as áreas dedicadas a pastagem (Figura 27).



Figura 26: Solo resultante da Formação Caiuá ocupado por cultura temporária

Fonte: Coleta de campo (2010)



Figura 27: Área de pastagem limitando-se com áreas de culturas temporárias no médio curso da bacia em estudo

Fonte: Coleta de campo (2010)

No que se refere ao potencial hídrico, a região Noroeste do Paraná é favorecida pela presença de quatro bacias hidrográficas que ocupam parcialmente a região, sendo elas a bacia do rio Paraná, Ivaí, Piquiri e Paranapanema (SUDERHSA, 2010).

A bacia do ribeirão São Tomé está atrelada à dinâmica da bacia do rio Ivaí, destacando-se como um afluente da mesma. Maack (2002) coloca que o rio Ivaí estende-se por cerca de 685Km desde suas nascentes, na confluência dos rios dos Patos com o rio São João, no Terceiro Planalto Paranaense até sua foz no rio Paraná. Além disso, o mesmo possui a segunda maior bacia hidrográfica do Estado do Paraná, representando 20% do território paranaense.

A bacia do rio Ivaí segundo a MINEROPAR (2006) tem seu substrato rochoso composto basicamente pelos seguintes compartimentos: Formação Serra Geral, Formação Caiuá, Formação Pirambóia e Botucatu e por uma sequência de substratos Paleozóicos como a Formação Rio do Rastro, Formação Terezina, Formação Serra Alta e a Formação Irati. Sendo assim predomina no alto curso da bacia do rio a presença da Formação Pirambóia e Botucatu e da sequência de substratos Paleozóicos, no médio curso da bacia predomina a Formação Serra Geral e no baixo curso a Formação Caiuá mais a Formação Serra Geral.

A bacia do ribeirão São Tomé está localizada no baixo curso do rio Ivaí e seus canais de drenagem são caracterizados pela dinâmica da Formação Serra Geral e da Formação Caiuá que são os substratos rochosos presentes na área. Nas áreas de ocorrência da Formação Caiuá, como pode-se observar na figura 28, apresentam-se sistemas de drenagem mais retilíneos, esse fato se deve as características dos tipos de solos resultantes desse substrato rochoso, destacando-se os solos de textura arenosa, que são mais permeáveis e possuem altas taxas de infiltração de água, que podem diminuir a quantidade de água que chega nos cursos d'água por meio do escoamento superficial.

Nas áreas de ocorrência da Formação Serra Geral o sistema de drenagem que forma a bacia do ribeirão São Tomé mostra-se mais denso, pois as rochas presentes nesse substrato exibem um controle estrutural, por meio de falhas e fraturas bem marcantes além da formação de solos de textura argilosa de baixa permeabilidade, isso permite que os índices de água pluvial cheguem aos cursos d'água em maior quantidade, por meio do escoamento superficial, sendo menos influenciados pela infiltração no solo.

O ribeirão São Tomé tem seu canal principal marcado pela presença dos seguintes afluentes: córrego Imbituva, Taboão, Turvo, Sepetiba, Ganorra, Male, Picão Juraia, Aeurui, Jucuraia e pelo ribeirão Carandaí que possui relação direta com os córregos Coelho, Pala e Filedentrão, além da existência de cursos d'água sem identificação que mantém o canal principal do ribeirão São Tomé e do ribeirão Carandaí (Figura 28).

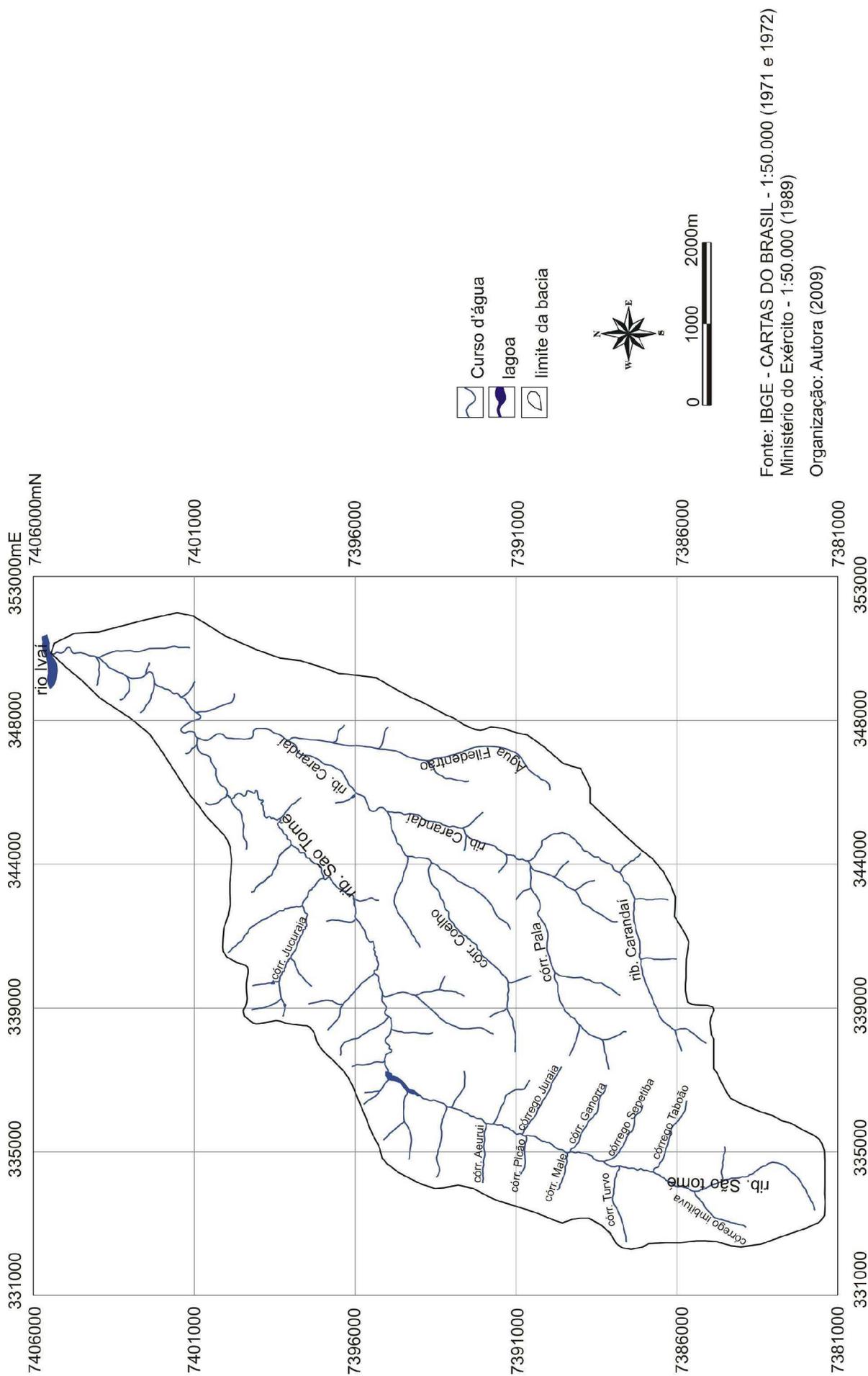


Figura 28: Drenagem da bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Diante das características naturais apresentadas para o sistema de drenagem da bacia do ribeirão São Tomé deve-se levar em consideração a influência que as atividades antrópicas desempenham da configuração do mesmo. Um exemplo encontrado na bacia foi à existência de uma barragem construída no médio curso do ribeirão São Tomé no decorrer da década de 1980. Esta obra trouxe uma nova dinâmica ao ambiente local, apesar da barragem ter sido desativada em meados da década de 1990, na atualidade o sistema de drenagem é marcado fortemente pela dinâmica imposta no período de funcionamento da mesma (Figura 29).



Figura 29: Barragem desativada na bacia do ribeirão São Tomé e a configuração atual do canal de drenagem

Fonte: Coleta de campo (2009)

Dentro do estudo das águas superficiais da bacia do ribeirão São Tomé foi realizada uma análise morfométrica dos canais de drenagens, que são os responsáveis pelo transporte e pela manutenção desse recurso na bacia.

De acordo com o referencial metodológico apresentado nos trabalhos referentes à análise morfométrica de bacias hidrográficas, o primeiro parâmetro a ser determinado para a bacia do ribeirão São Tomé foi a hierarquização fluvial, fundamentada no trabalho de Strahler (1952) como pode ser constatado na figura 30. Esses dados foram expostos na tabela 7 que além da hierarquização dos canais apresenta também o comprimento total dos canais fluviais de cada ordem e outros dados como, a área da bacia, dados altimétricos (cota máxima e mínima) e a amplitude altimétrica.

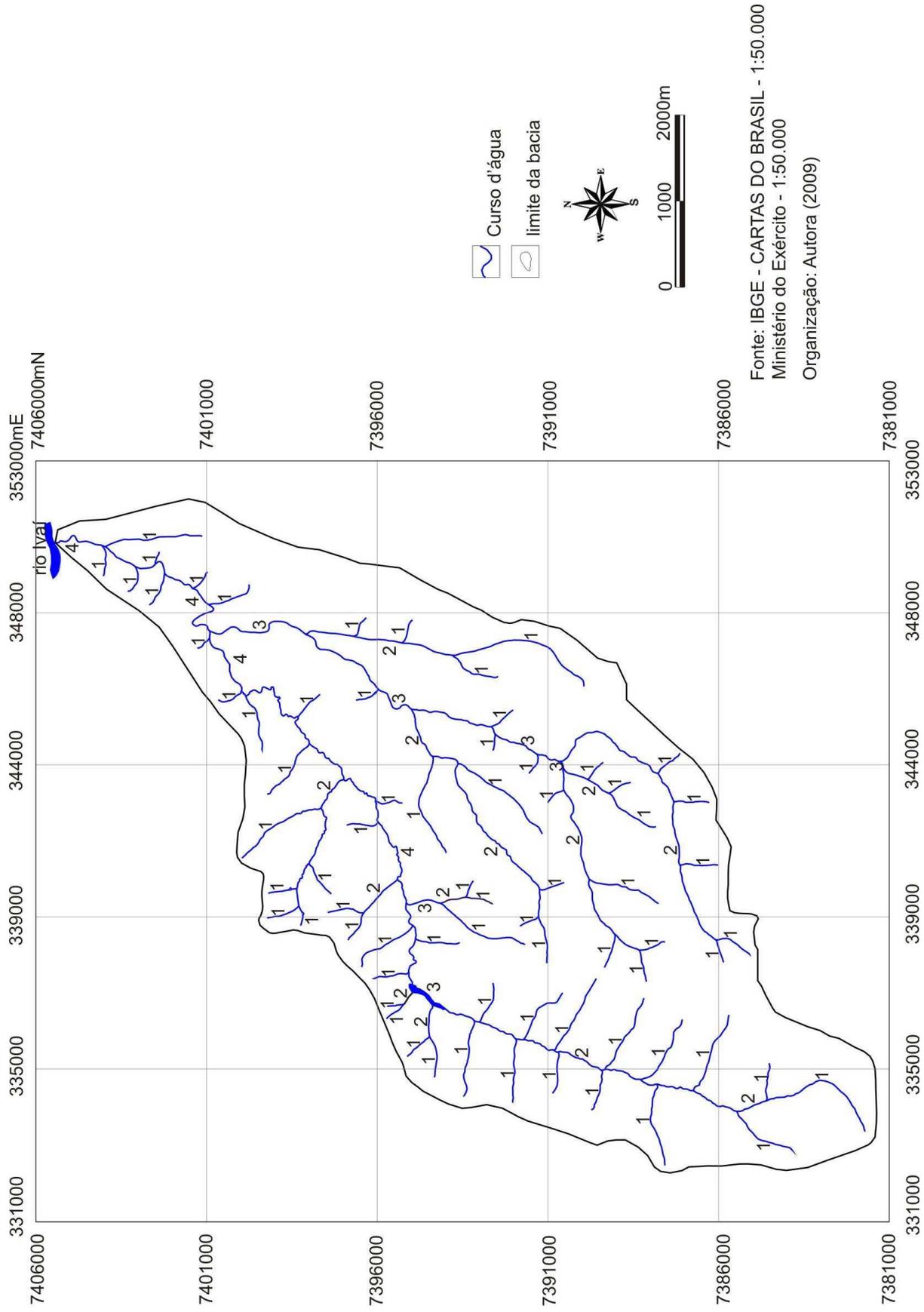


Figura 30: Hierarquia fluvial segundo a proposta de Strahler (1952) para a bacia do ribeirão São Tomé, Cianorte e São Tomé/PR

Tabela 7: Hierarquia fluvial segundo Strahler (1952) para a bacia em estudo

BACIA DO RIB. SÃO TOMÉ	STRAHLER (1952)	UNIDADE
Número de canais de 1ª ordem	71,0	----
Número de canais de 2ª ordem	11,0	----
Número de canais de 3ª ordem	4,0	----
Número de canais de 4ª ordem	1,0	----
Comprimento total dos canais de 1ª ordem	90,4	km
Comprimento total dos canais de 2ª ordem	47,5	km
Comprimento total dos canais de 3ª ordem	14,1	km
Comprimento total dos canais de 4ª ordem	20,0	km
Comprimento total de todos os canais	172	km
Área	219	km ²
Cota máxima	557	m
Cota mínima	260	m
Amplitude altimétrica	297	m

Por meio das análises morfométricas realizadas na área de estudo obteve-se como resultado na bacia do ribeirão São Tomé: 71 canais de primeira ordem com 90,4km de comprimento.

Quanto aos canais de segunda ordem foram caracterizados 11,0 canais correspondendo a 47,5km de comprimento. Nos canais de terceira ordem foi caracterizado para a bacia do ribeirão São Tomé 4,0 com 14,1km de comprimento. Para os canais de quarta ordem foi identificado 1,0 canal com 20,0km.

Além da hierarquização do canal a análise morfométrica da bacia envolve vários parâmetros, dentre eles foram abordados, a relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, a relação do equivalente vetorial e a densidade de drenagem.

Relação de bifurcação: Nesse sentido a relação de bifurcação foi um outro parâmetro a ser analisado na bacia do ribeirão São Tomé, utilizando-se como instrumento principal o número de canais pertencentes a cada hierarquia fluvial e a partir disso obteve-se uma relação entre os mesmos que pode ser verificada nos valores contidos na Tabela 8.

A partir da análise desse parâmetro, obteve-se como relação de bifurcação entre os canais de primeira e segunda ordem 6,5. Entre os canais de segunda e terceira ordem destacam-se 2,8. No que tange a relação entre os canais de terceira e quarta ordem o valor é de 4,0.

Tabela 8: Relação de bifurcação da bacia em estudo

BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ	STRAHLER (1952)	Relação de Bifurcação
Número de canais de 1ª ordem	71,0	6,5
Número de canais de 2ª ordem	11,0	2,8
Número de canais de 3ª ordem	4,0	4,0
Número de canais de 4ª ordem	1,0	

Na realidade esses valores demonstram a relação entre os canais pertencentes às devidas ordens apresentadas, pois a bacia hidrográfica é um sistema integrado havendo, portanto uma relação entre os fatores que a compõe, dentre esses podem ser destacados os canais fluviais, que por meio do transporte de água e de energia mantém entre si constante contato.

Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem: Por meio da tabela 9 pode-se verificar a relação entre o comprimento médio dos canais das diferentes ordens que compõe a bacia em estudo, com isso entre os canais de primeira e de segunda ordem da bacia do ribeirão São Tomé é apresentado 0,53. O intervalo que compreende os canais de segunda e terceira ordem é marcado por 0,30. Já entre os canais de terceira e quarta ordem essa relação apresenta valor 1,4.

Tabela 9: Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem da bacia em estudo

BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ	STRAHLER (1952)	RI_m*
Comprimento dos canais de 1ª ordem	90,4	0,53
Comprimento dos canais de 2ª ordem	47,5	0,30
Comprimento dos canais de 3ª ordem	14,1	1,4
Comprimento dos canais de 4ª ordem	20,0	

*RI_m: Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

Relação entre o equivalente vetorial: A tabela 10 apresenta os resultados obtidos no cálculo da relação do equivalente vetorial do canal, que necessita do número de canais que

compreendem cada ordem da hierarquia fluvial da bacia em estudo e da grandeza vetorial dos mesmos.

Tabela 10: Número de canais e a grandeza média do equivalente vetorial da bacia em estudo

BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ	STRAHLER (1952)	E_{v_u}
Número de canais de 1ª ordem	71,0	178,2
Número de canais de 2ª ordem	11,0	80,4
Número de canais de 3ª ordem	4,0	23,0
Número de canais de 4ª ordem	1,0	43,9

* E_{v_u} : grandeza média do equivalente vetorial

A partir da relação das informações apresentadas na tabela 10 foi obtida a grandeza média dos canais de cada ordem, sendo que a correlação de tais elementos acarretou numa análise minuciosa da relação do equivalente vetorial (Tabela 11) dos canais que integram a bacia do ribeirão São Tomé.

Tabela 11: Relação do equivalente vetorial da bacia em estudo

BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ	STRAHLER (1952)	Rev
Grandeza média dos canais de 1ª ordem	2,50	3,0
Grandeza média dos canais de 2ª ordem	7,3	0,80
Grandeza média dos canais de 3ª ordem	5,7	7,8
Grandeza média dos canais de 4ª ordem	43,9	

***Rev**: Relação do equivalente vetorial

De acordo com a tabela 11 verifica-se para a área em estudo uma relação do equivalente vetorial entre os canais de primeira e segunda ordem de 3,0 para a segunda e a terceira ordem constata-se como valor 0,80 entre a terceira e quarta ordem é encontrado uma relação de 7,8.

Densidade de drenagem: esse parâmetro baseia-se na relação direta de dados fornecidos pelo comprimento total de todos os canais analisados para a bacia hidrográfica com o valor da área da mesma (STRAHLER, 1952). Sendo de fundamental importância para a obtenção de informações referentes à escassez de água na bacia, pois quanto maiores os valores

apresentados para a densidade de drenagem, maiores serão as probabilidades de a bacia passar por problemas ocasionados pela diminuição de seus recursos hídricos (Tabela 12).

Tabela 12: Densidade de drenagem da bacia em estudo

BACIA DO RIBEIRÃO SÃO TOMÉ		
Comprimento total de todos os canais	172	km
Área	219	km ²
Densidade de drenagem da bacia	0,78	km/km ²

De acordo com os dados apresentados na tabela 12 constata-se para a bacia do ribeirão São Tomé uma densidade de drenagem de 0,78km/Km², esse valor destaca uma baixa densidade de drenagem segundo a classificação proposta por Christofolletti (1969), isso significa que os canais fluviais apresentam consideráveis extensões. Uma vez que é apontado por Christofolletti (1980) que o cálculo da densidade de drenagem apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, pois a medida que aumenta o valor numérico da densidade há uma diminuição quase que proporcional ao tamanho dos componentes fluviais da bacia.

Fatores antrópicos como a urbanização e a agricultura podem provocar consideráveis alterações na densidade de drenagem, principalmente devido à utilização exagerada dos recursos hídricos. Dessa forma seguindo a classificação da densidade de drenagem é possível constatar que os cursos d'água que integram o ribeirão São Tomé, ainda não estão sendo marcados pelo problema da escassez de seus recursos hídricos, fato que torna ainda mais necessário o desenvolvimento de projetos de Planejamento Ambiental, capazes de prevenir tais consequências.

A densidade de drenagem manifesta-se de forma particular de acordo com o substrato rochoso no qual está integrada, com isso para as áreas da bacia em estudo que estão sob a dinâmica da Formação Caiuá obteve-se como valor para esse parâmetro 0,51km/km² e para as áreas onde é encontrada a Formação Serra Geral o mesmo é de 1,03km/km² (Tabela 13).

Tabela 13: Densidade de drenagem do compartimento da Formação Caiuá e da Formação Serra Geral na bacia em estudo

RIBEIRÃO SÃO TOMÉ	FORMAÇÃO CAIUÁ	FORMAÇÃO SERRA GERAL	UNIDADE
Comprimento total de todos os canais	53	119,1	Km
Área	103	116	Km ²
Densidade de drenagem	0,51	1,03	Km/km ²

Os referidos valores demonstraram que nas áreas onde ocorre a Formação Caiuá a densidade de drenagem é maior, sendo que esse fato é decorrente da granulometria das rochas pertencentes a esse tipo de formação, destacando-se a presença do arenito de granulometria grossa que não promove dificuldades para a infiltração de água no solo. Enquanto que nas áreas de ocorrência da Formação Serra Geral a rocha predominante é o basalto que apresenta maiores dificuldades a infiltração, promovendo melhores condições para o escoamento superficial, gerando maiores possibilidades para a esculturação dos canais fluviais.

Sobre a cobertura vegetal nativa da região Noroeste do Paraná onde está inserida a área em estudo, segundo levantamento fitogeográfico destacado por Maack (2002), era constituída em 98% por espécies características da Floresta Estacional Semidecidual.

Quanto às porcentagens de remanescentes desse tipo de vegetação, APROMAC (2010) salienta que restaram apenas 1,0% do domínio da floresta nativa na região.

A cobertura vegetal presente atualmente na bacia do ribeirão São Tomé é constituída por Áreas de Preservação Permanente, pela vegetação que compõe a mata ripária e as Áreas de Reserva Legal localizadas no interior de propriedades agrícolas particulares.

Para as áreas instituídas como Preservação Permanente pode-se verificar a presença do Parque Municipal do Cinturão Verde localizado na área urbana do município de Cianorte, que concentra no seu interior as principais nascentes do ribeirão São Tomé. Esta realidade observada nas saídas de campo foi apontada por Ross (2006), onde o autor cita que a presença de bosques urbanos contendo fragmentos florestais da vegetação nativa é uma prática muito comum na região Noroeste do Paraná, sendo constituídos na maioria das vezes por reservas particulares ou governamentais quase sempre muito alteradas.

De acordo com a PMC (2009), o parque em questão foi criado no ano de 2000 com o propósito de expandir as áreas voltadas à preservação, ocupando uma área de 312 hectares, distribuída no entorno da cidade, sendo que o município recebe recursos governamentais para que essa área seja mantida como uma reserva ambiental. Segundo Magalhães (2007) as áreas de preservação ambiental possuem importância em diversos aspectos, pois representam a proteção do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade local.

O reconhecimento de campo feito nesta área mostrou a degradação ambiental pelo qual o Parque Municipal do Cinturão Verde vem passando, com a presença de diferentes tipos de resíduos transportados pela água da chuva para as proximidades do curso d'água, que são fontes de poluição que podem trazer sérias mudanças para a dinâmica local do sistema fluvial (Figura 31).

Além disso, foi constatada a presença de galerias pluviais que despejam no interior do Parque água provinda de alguns bairros da cidade, associado a isso, soma-se um outro problema que se refere às modificações ocorridas no canal de drenagem devido a saída de água das galerias para o curso d'água sem a implantação de infraestrutura adequada para o despejo da mesma (Figuras 32)



Figura 31: Disposição de resíduos sólidos no interior do Parque Cinturão Verde
Fonte: Coleta de campo (2009)



Figura 32: Presença de galerias pluviais no interior do Parque Cinturão Verde
Fonte: Coleta de campo (2009)

Ainda dentro da caracterização das Áreas de Preservação Permanente, destacam-se as áreas reservadas a preservação da mata ripária, que são consideradas como Áreas de Preservação Permanente, de acordo com o IAP (2009). A inserção legal dessas áreas como unidades de preservação ambiental têm suas origens também no Código Florestal Brasileiro de 1965 (BRASIL, 1965), sendo identificadas como áreas de preservação *stricto sensu* que ocupam posições críticas do relevo, como faixas ao longo dos rios, topos de morros, ao redor de nascentes e outras.

A vegetação característica da mata ripária pertencente à área em estudo deveria ser formada por espécies vegetais pertencentes à Floresta Estacional Semidecidual, porém o que pode ser verificado nas proximidades do curso d'água foi a presença de espécies implantadas e/ou invasoras que em muitos casos não são adequadas as condições ambientais do meio na qual foi inserida. Como exemplo disso pode-se constatar a presença constante do “capim colônio” nas áreas que deveriam possuir espécies nativas (Figura 33).

Diante das questões apresentadas pode-se considerar que a mata ripária do ribeirão São Tomé, do ribeirão Carandaí e de seus afluentes encontram-se parcialmente preservadas,

principalmente no que se refere aos termos quantitativos, uma vez que em vários trechos dos cursos d'água analisados foram constatadas a presença da mata ripária alterada, ou seja, a área voltada a sua preservação não atendia as exigências legais quanto a sua extensão. Sendo que sobre a faixa de preservação da mata ripária a Lei número 4.771/65 Artigo 2º estabelece que:

- Nas áreas de nascentes a mata ripária deve ocupar um raio de 50m;
- Um curso d'água com largura menor de 10m a mata ripária deve ter uma extensão de 30m;
- Curso d'água com largura de 10-50m a mata ripária deve atingir uma extensão de 50m;
- Os cursos d'água com extensão de 50-200m a área ocupada pela mata ripária deve ser de 100m;
- Cursos d'água de 200 a 600m a mata ripária deve atingir 200m;
- Acima de 200m a área reservada a mata ripária deve ser de 500m



Figura 33: Espécie vegetal invasora na área de domínio da mata ripária no ribeirão São Tomé/PR

Fonte: Coleta de campo (2009)

A ocorrência de Áreas ocupadas por Reservas Legais na bacia está relacionada ao firmamento de leis ambientais, que segundo informações fornecidas pelo IAP (2009), foram implantadas por meio da instituição do Código Florestal Brasileiro de 1965 (BRASIL, 1965), onde foi definido que as propriedades rurais deveriam ser ocupadas por Áreas de Reserva Legal, que se refere no caso do Paraná, a 20% da superfície da propriedade agrícola onde o uso deve ser condicionado ao manejo sustentável. Sendo que esse tipo de reserva pode gerar bens como madeiras valiosas de espécies nativas e produtos não lenhosos: mel, frutos, plantas medicinais e ornamentais, etc.

As Áreas de Reserva Legal encontradas na bacia do ribeirão São Tomé apresentam um contraste na paisagem com as formas de uso do solo, que são desenvolvidas pelas atividades antrópicas como a presença de culturas temporárias, pastagens e de áreas periurbanas (Figura

34). Além disso, elas são formadas em sua maioria por de vegetações secundárias, que foram implantadas com o propósito de substituir as formações vegetais originais degradadas com o processo de ocupação.



Figura 34: Propriedades agrícolas e áreas periurbanas destacando as Áreas de Reserva Legal

Fonte: Coleta de campo (2009)

5. DISCUSSÕES E CLASSIFICAÇÃO DOS GEOINDICADORES DA ÁREA DE ESTUDO

Nessa parte da dissertação foi realizada uma avaliação da eficácia dos geoindicadores identificados, tanto no sistema físico-natural como no socioeconômico, tendo em vista sua adequação ao meio avaliado, a bacia hidrográfica, que foi de fundamental importância no levantamento das principais vantagens proporcionadas na avaliação ambiental.

Uma das maiores dificuldades encontradas no levantamento dos geoindicadores, foi identificar se determinado geoindicador, corresponde à dinâmica natural do modelado terrestre ao longo do tempo geológico, ou se a alteração observada no modelado terrestre é fruto de uma ação antrópica mais recente e de influência local, ou se ambos os processos atuam conjuntamente.

Os geoindicadores identificados na bacia foram classificados nos grupos de Pressão, Estado e Resposta (Tabela 14).

5.1 GEOINDICADORES DE PRESSÃO

Os geoindicadores classificados para o grupo de Pressão são marcados por atividades que exercem pressão direta ou indireta sobre as alterações ocorridas nos atributos do sistema físico-natural, sendo normalmente integrados por atividades ligadas às ações do meio antrópico.

Na bacia em estudo foram identificados os seguintes geoindicadores de pressão: as formas de uso e ocupação do solo e as fontes de degradação que são marcadas, principalmente, por equipamentos que apóiam a implantação ou manutenção das atividades humanas na bacia.

Tabela 14: Geoindicadores identificados na bacia do ribeirão São Tomé/PR

GEOINDICADORES			Período	%	Influência Natural	Influência Humana
PRESSÃO	Uso e ocupação do solo	Área de Preservação Permanente	1985	8,2	X	*
		Pastagem		1,0		
		Cultura temporária		75,3		
		Cultura permanente		8,7		
		Área urbana		6,8		
		Área de Preservação Permanente	2009	6,5		
		Pastagem		3,8		
		Cultura temporária		79,2		
		Cultura permanente		3,0		
		Área urbana		7,5		
	Fontes de degradação	Feições erosivas	2009	Ocorrência	*	*
				X		
		Disposição de resíduos sólidos e líquidos		X	-----	*
		Uso de implementos agrícolas		X	-----	*
		Extração de rochas		X	-----	*
Assoreamento		X	X	*		

* muito influenciados (as), **X** pode ser influenciados (as) por, **◆** pouco influenciados (as)

Continuação da Tabela 14

ESTADO	Classes Hipsométricas (m)	<300	Ocorrência %	*	◆
		340	18%		
		380	14,1%		
		420	14%		
		460	19,5%		
		500	18,1%		
		>500	7,2%		
	Classes de declividade (%)	0-3	31,6%	*	X
		3-8	33,8%		
		8-16	28,8%		
		16-30	5,5%		
		30-45	0,3%		
	Substrato rochoso	Formação Caiuá	47%	*	◆
		Formação Serra Geral	53%		
RESPOSTA	Reflorestamento das nascentes e da mata ripária nas proximidades dos cursos d'água				
	Planejamento adequado para a instalação de galerias pluviais				
	Recuperação de feições erosivas nas margens dos cursos d'água				
	Programas de conscientização dos agricultores para preservação das áreas de reserva legal				

* muito influenciados (as), X pode ser influenciados (as) por, ◆ pouco influenciados (as)

Uso e ocupação do solo

O uso e a ocupação do solo, devido ao histórico de ocupação recente da bacia, foi considerado nesta pesquisa como um geoindicador de Pressão e a análise foi realizada para os anos de 1985 e 2009. Esta análise proporcionou uma caracterização das principais formas de uso do solo promovidas principalmente pelas atividades antrópicas, destacando com isso as pressões que essas atividades podem trazer para os atributos do meio físico.

Foi considerado como exemplo, dessa problemática as prováveis alterações que o desenvolvimento da cultura temporária desprovida de planejamento agrícola adequado pode trazer para alguns atributos do sistema físico-natural. Uma vez que a implantação dessa atividade influencia na retirada de grandes parcelas da cobertura vegetal nativa, deixando o solo exposto à ação de agentes naturais e antrópicos.

Essa situação pode ser constatada na bacia em estudo, devido à presença de diferentes tipos de feições erosivas, que resultaram em partes da suscetibilidade natural dos tipos de solos que ocupam a área e que foi agravada pelas formas de uso do solo compreendidas pela implantação de culturas temporárias como a soja e a cana-de-açúcar que se utilizam de técnicas que favorecem o desenvolvimento das referidas feições.

A dinâmica apresentada para a influência que as formas de uso e ocupação do solo exercem na manutenção dos elementos físico-naturais, alerta para o estudo de alguns equipamentos que apóiam o uso e ocupação do solo, destacando para isso e as condições de certos atributos do meio físico diante do desenvolvimento dessas técnicas, essas questões serão contempladas posteriormente no geoindicador fonte de degradação.

Uso e ocupação do solo (1985): As formas de uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão São Tomé no ano de 1985 foram marcadas por uma significativa diversidade, compreendendo áreas dedicadas à preservação ambiental, implantação de culturas permanentes, culturas temporárias, pastagens, mata ripária e também as localidades voltadas ao meio urbano (Figura 35).

As áreas onde foram mapeadas a presença de culturas permanentes ocupam 8,7% da bacia e são marcadas por resquícios da cultura cafeeira que predominou na região até meados da década de 1970, considerando que tal fato foi de extrema importância para o processo de ocupação da bacia.

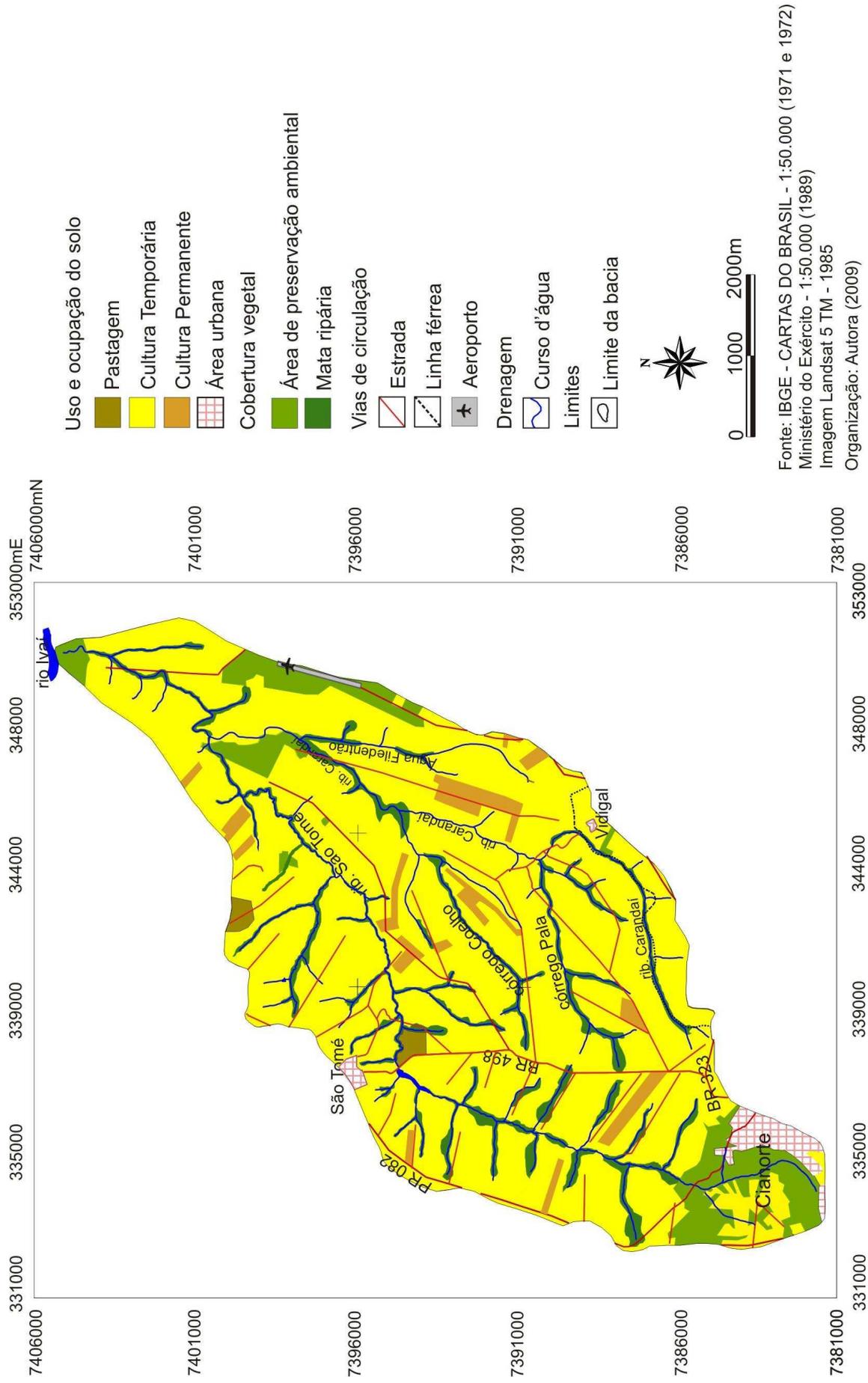


Figura 35: Uso do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para o ano de 1985

O declínio da cultura do café na região da bacia estudada está associado, segundo Trintin (2006) ao desestímulo à produção por parte do governo que passou a manter incentivos financeiros almejando a diversificação agrícola. Além disso, a produção cafeeira paranaense enfrentou problemas como as geadas seguidas da praga agrícola “ferrugem” que prejudicaram a qualidade do produto.

Caracterizou-se para o ano de 1985 na bacia em estudo, o predomínio de culturas temporárias que ocupavam 75,3% da área da bacia integradas pelo cultivo de produtos como, o milho e principalmente a soja, já que nesse período ela era amplamente cultivada na região. Sobre a dinâmica ocupacional do setor agrícola da região na década de 1980, Trintin (2006) salienta que esse período foi marcado pelo incremento de máquinas agrícolas e de insumos modernos empregadas principalmente na cultura da soja.

Devendo-se considerar, portanto que é nessa fase que o processo de uso e ocupação do solo passa a interferir de forma mais significativa no funcionamento do meio natural, pois as técnicas agrícolas modernas colocadas e atreladas às características naturais da área podem ter acarretado na degradação das propriedades dos solos, e ter colocado em risco a manutenção dos corpos hídricos e de outros atributos físicos, uma vez que os mesmos encontram-se inter-relacionados.

As áreas demarcadas pelas pastagens correspondendo a 1,0% da área da bacia são encontradas principalmente em trechos localizados nas proximidades dos cursos d’água do ribeirão São Tomé e de seus afluentes. Nóbrega et. al (2003) relatam que principalmente nas áreas onde as camadas superficiais do solo são de textura arenosa esse tipo de uso resulta na formação de trilhas de gado, que evoluem para sulcos e que se não forem controlados podem, através do tempo e da coalescência, originar formas erosivas mais graves como os ravinamentos.

Uma outra forma de uso e ocupação do solo característica da bacia do ribeirão São Tomé em 1985, foram as áreas reservadas à preservação da mata ripária, que de acordo com a figura 43 mostraram-se alteradas no curso d’água do ribeirão São Tomé e de seus afluentes, apresentam-se ausentes em alguns trechos do curso d’água do ribeirão Carandaí e de seus afluentes como por exemplo, o córrego Filadentrão.

Enquanto que as Áreas de Preservação Permanente para o período em questão, ocupavam 8,2% da bacia e guardavam fragmentos alterados da Floresta Estacional Semidecidual que podiam ser encontrados nas proximidades da área urbana da cidade de Cianorte, na área de encontro entre o curso d’água dos ribeirões São Tomé e Carandaí, além de ocupar uma extensa área localizada no interflúvio da bacia em estudo.

Podendo-se constatar também, neste período, a presença de áreas voltadas ao uso urbano que ocupavam 6,8% da bacia do ribeirão São Tomé, devido às instalações da cidade de Cianorte, incluindo o distrito de Vidigal e da cidade de São Tomé, em períodos anteriores a esta análise. Estas ocupações impuseram por meio, da organização de atividades desenvolvidas no interior das mesmas, novas configurações ao ambiente natural, que provavelmente acarretaram no desequilíbrio dos componentes do meio físico que levaram aos vários tipos de degradações encontrados atualmente.

Nesse sentido Christofolletti (1997) analisa os impactos no ambiente natural, ocasionados pela urbanização no mundo tropical, considerando que as transformações ocorridas estão diretamente relacionadas à construção de áreas urbanizadas e indiretamente devido a ação dos materiais e da energia provinda da atividade de transformação de áreas naturais em locais urbanizados, ocasionando possíveis mudanças na intensidade dos fluxos devido as interferências provocadas pela retirada da cobertura vegetal e pela retificação de canais de drenagem que impõem novos aspectos no cenário ambiental.

Uso e ocupação do solo (2009): De acordo com a evolução do processo de uso e ocupação do solo, verificaram-se para o ano de 2009 as seguintes classes de uso do solo: áreas dedicadas à preservação ambiental de fragmentos alterados da vegetação original e da mata ripária alterada, áreas de pastagens, áreas de culturas temporárias, áreas de culturas permanentes e de uso urbano (Figura 36).

Mesmo apresentando uma diversidade de uso e ocupação do solo, a bacia do ribeirão São Tomé é marcada pelo predomínio do uso por culturas temporárias que correspondem a 79,2% da bacia em estudo, sendo integradas pelo cultivo de grãos como a soja e o milho, mas também principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar que tem se alastrado no interior da mesma desde o começo da década de 1990. Também pode-se observar a presença de áreas ocupadas por pastagens (3,8%), que estão concentradas principalmente no médio e baixo curso da bacia.

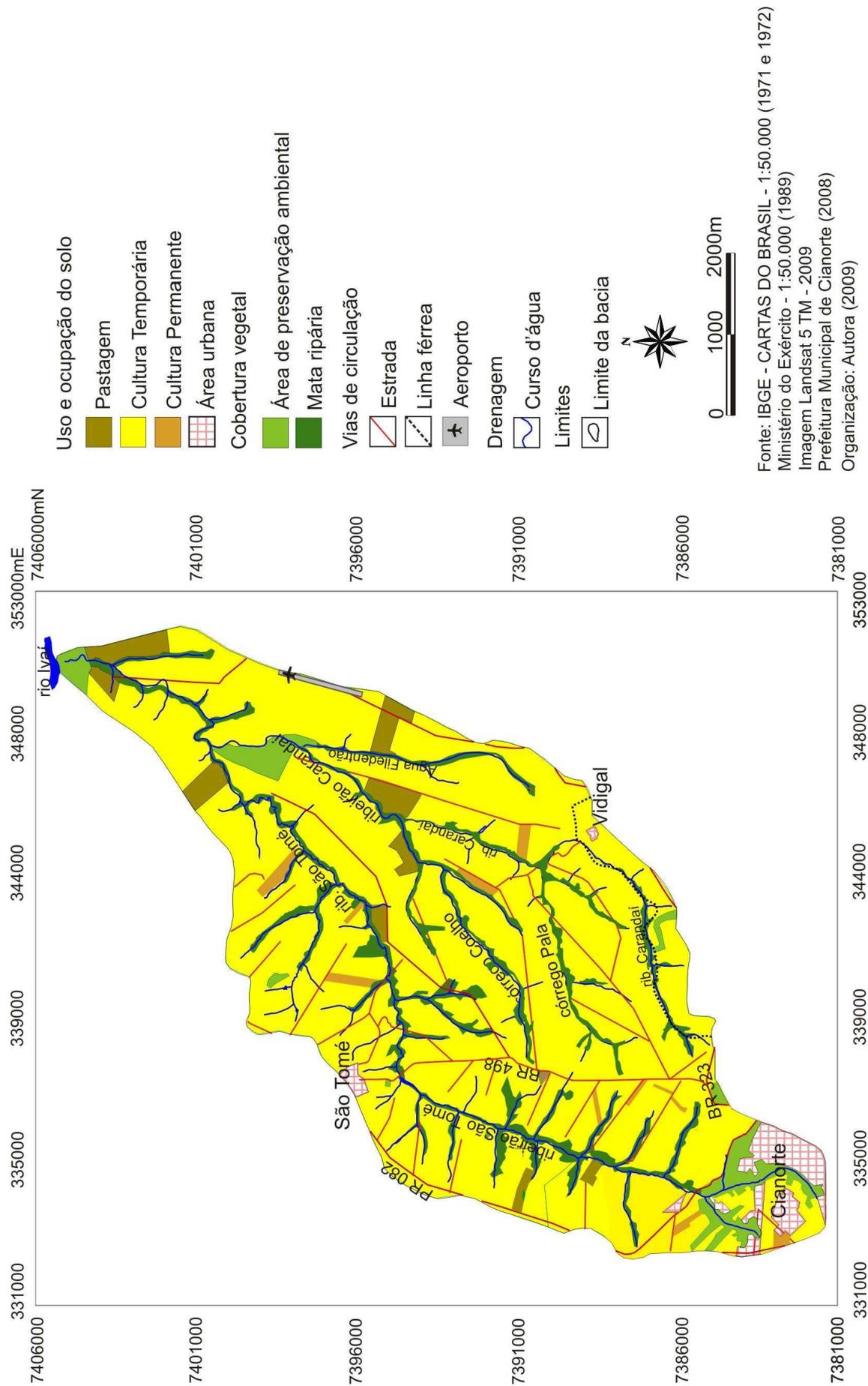


Figura 36: Uso do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para o ano de 2009

Além disso, com a implantação de leis ambientais estimulando a manutenção de áreas de preservação ambiental, ainda pode-se encontrar na bacia áreas voltadas à preservação da vegetação, como foi constatado na área urbana de Cianorte com o Parque Cinturão Verde e no interior de propriedades agrícolas equivalendo a 6,5% do uso do solo na bacia. Dentro desse contexto destacam-se alguns trechos localizados às margens dos cursos d'água com expressivas faixas reservadas a ocupação da mata ripária.

Foi destacado também o uso do solo na bacia por áreas urbanas que ocupam 7,5% da área total da bacia, que são incorporadas por zonas comerciais, industriais, residências e de serviço da cidade de Cianorte juntamente com o Distrito de Vidigal e da cidade de São Tomé, onde principalmente no caso de Cianorte houve uma significativa expansão de sua dinâmica urbana para o período analisado.

Comparativamente as formas de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2009 demonstraram que houve uma diminuição das áreas reservadas a preservação ambiental que de 8,2% passou para 6,5%. O uso do solo por culturas temporárias apresentou um aumento de 75,3 para 79,2. As culturas permanentes destacaram diminuição de 8,7% para 3,0%. Em contrapartida as áreas urbanas tiveram uma ampliação de 6,8% para 7,5% e as áreas voltadas à pastagem aumentaram de 1,0% para 3,8% (Gráfico 7).

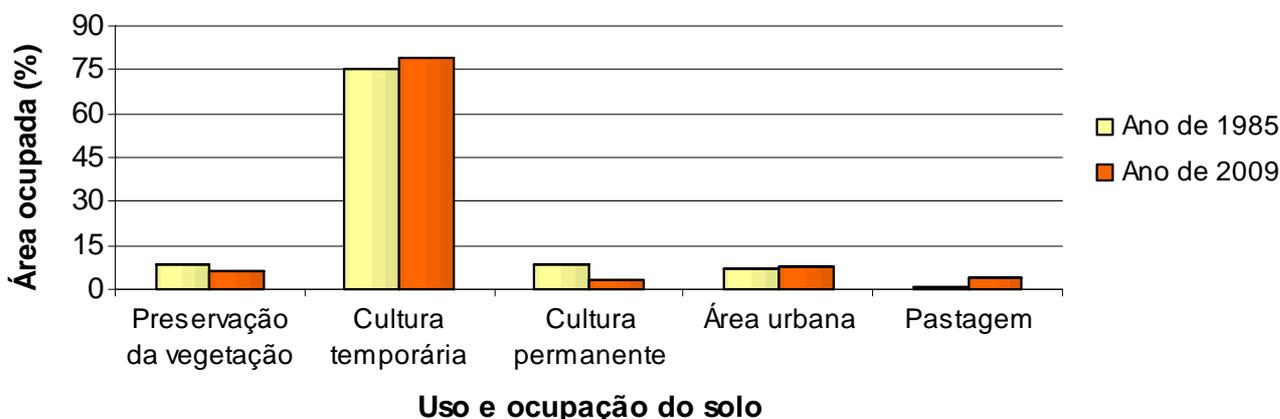


Gráfico 7: Percentuais de uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão São Tomé, para os anos de 1985 e 2009

A partir da análise correlativa dos dados de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2009, pode-se constatar que a diminuição das áreas ocupadas pela preservação ambiental se deve em partes a ampliação das áreas dedicadas ao plantio de culturas temporárias e a implantação de atividades urbanas, já que alguns locais que eram marcados pela preservação ambiental, na atualidade são caracterizados por uma diversidade de culturas temporárias e de construções urbanas. Esse fato pode ser constatado por meio de dados

coletados *in situ* nas proximidades da área urbana de Cianorte onde fica evidente a retirada de extensas áreas voltadas à preservação da vegetação nativa para a implantação de culturas temporárias e da área urbana (Figura 37).

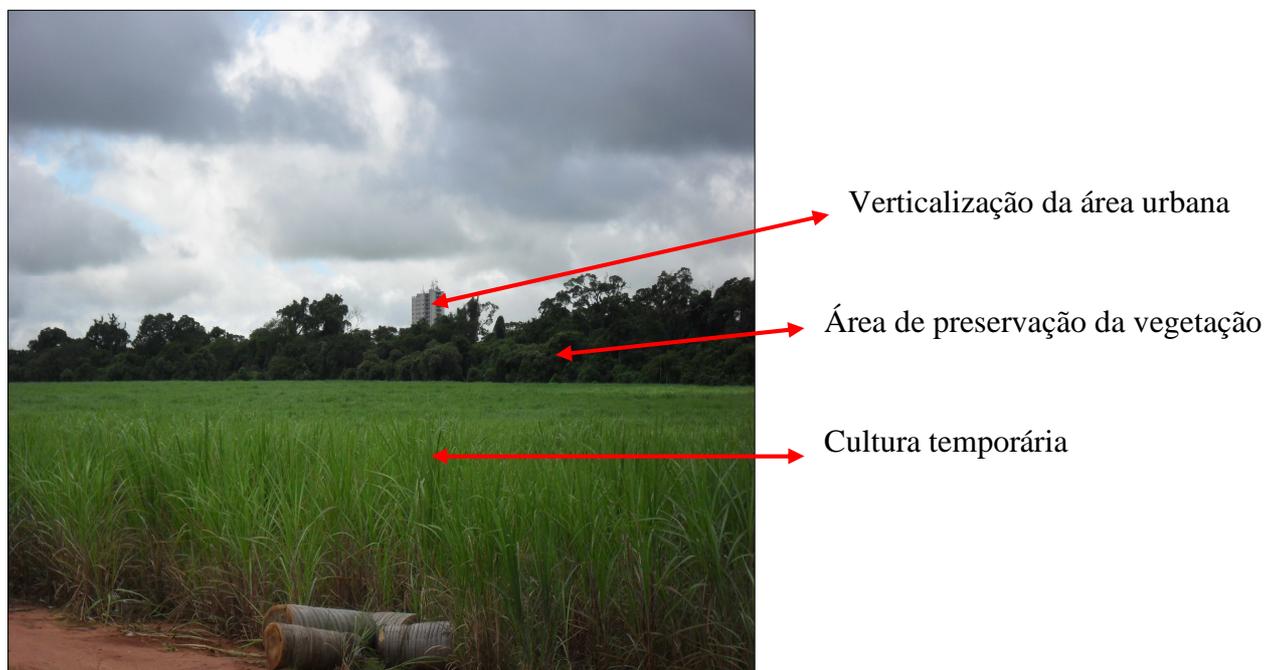


Figura 37: Ampliação de culturas temporárias e da área urbana nas áreas voltadas a preservação ambiental

Fonte: Coleta de campo (2009)

A análise dos dados referentes à área ocupada pelos diferentes tipos de culturas desenvolvidas na bacia, nos remete a questão da inserção da cana-de-açúcar como cultura temporária predominante no interior da área em estudo. Galeti (1984) destaca que o cultivo da cana-de-açúcar pode trazer prejuízos para o solo, com uma aceleração dos processos erosivos, principalmente quando a colheita utiliza-se de técnicas como a queimada, que ainda é uma prática comum na colheita da cana-de-açúcar cultivada na bacia do ribeirão São Tomé.

Diante desses problemas apresentados nas áreas agrícolas do Brasil, Bertoni e Lombardi Neto (1999) salientam a importância do desenvolvimento de práticas conservacionistas na agricultura tendo em vista, o levantamento das características condicionadoras da capacidade de uso do solo. Uma vez que, a utilização racional terá que levar em conta a potencialidade de exploração da área por meio do controle da erosão, por meio de práticas conservacionistas e de melhores variedades de culturas que desgastam o menos possível às propriedades do solo.

Fontes de degradação: esse geoindicador é marcado pela ocorrência de elementos que colaboram diretamente com a degradação do meio físico da bacia: feições erosivas, assoreamento, disposição de resíduos sólidos e líquidos, uso de agrotóxicos, uso de implementos agrícolas e extração de rochas.

A primeira fonte de degradação destacada para a bacia em estudo foi a presença de feições erosivas, composta por sulcos, ravinas e voçorocas.

O município de Cianorte que concentra grande parte das nascentes do ribeirão São Tomé e de seus afluentes, apresenta um histórico de ocorrências de feições erosivas de grande porte, foi alvo de muitos programas governamentais para a recuperação destas áreas ocasionadas, pois elas estavam tornando improdutivas muitas propriedades rurais e afetaram também várias estradas de acesso ao município. Foram observadas nas estradas vicinais caixas de contenção (Figura 38), uma medida preventiva para a não expansão das feições erosivas.



Figura 38: Caixas para contenção das feições erosivas

Fonte: Coleta de campo (2009)

Nesse contexto foram identificados a presença de sulcos no interior da bacia, principalmente nas áreas ocupadas pelas pastagens, as ravinas por sua vez foram encontradas no médio da bacia em áreas com altas classes de declividade (16-30%).

A principal voçoroca da bacia foi evidenciada no alto curso da mesma, nas proximidades das principais nascentes do ribeirão em estudo, sendo que essa feição encontra-se em fase de recuperação dentro do Parque Municipal Cinturão Verde.

O assoreamento foi destacado dentro do geoindicador fonte de degradação por ser um dos fatores que leva a degradação dos recursos hídricos. Na bacia do ribeirão São Tomé pode-

se constatar o processo de assoreamento em alguns trechos do curso d'água, sendo que na maioria das vezes este processo está associado as feições erosivas, principalmente as que ocorrem nas margens dos cursos d'água com a ausência de cobertura vegetal.

Em certos casos específicos a ocorrência desse fenômeno está associada à presença de resíduos sólidos e líquidos advindos das galerias pluviais e que tem como destino final o curso d'água, o que pode também resultar em alterações na forma do canal de drenagem. Este tipo de situação ocorre principalmente no alto curso da bacia em estudo, onde foram verificados trechos do canal fluvial assoreado sendo marcados pela descarga da água trazida pelas galerias pluviais. Além disso, esses trechos também apresentaram a disposição de resíduos sólidos provindos do meio urbano (Figura 39).



Figura 39: A presença de galerias pluviais com destaque para o processo de assoreamento e para a disposição de resíduos sólidos, num trecho do alto curso da bacia em estudo

Fonte: Coleta de campo (2009)

Na área em estudo a disposição de resíduos sólidos é acompanhada pela presença da urbanização, pois foram verificados que os trechos do ribeirão integrados pela dinâmica urbana são receptores de muitos resíduos sólidos e até mesmo líquidos provindos de terrenos baldios e das ruas, sendo transportados em partes pelas águas pluviais.

A fonte de degradação compreendida pelo uso de implementos agrícolas foi encontrada no alto, médio e baixo curso da bacia, nos locais onde o uso predominante é por culturas temporárias, que são apoiadas por essa técnica durante o período de desenvolvimento dos seus cultivares (Figura 40).

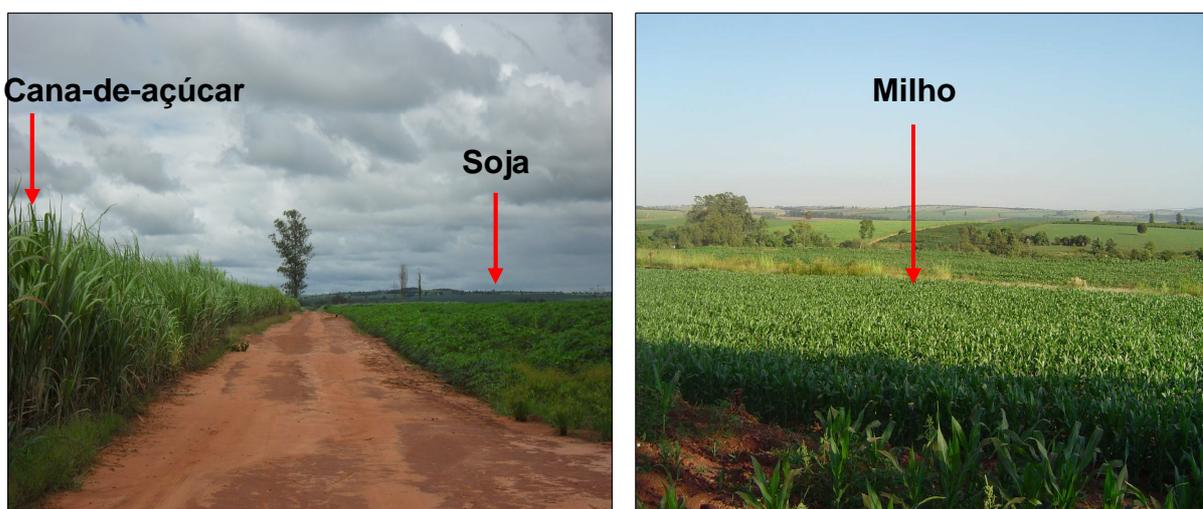


Figura 40: Culturas temporárias cultivadas na bacia em estudo

Fonte: Coleta de campo (2010)

No que se refere às consequências para o meio físico quanto ao uso de equipamentos agrícolas, nota-se que o solo é um dos atributos mais afetados, pois o mesmo pode ter suas propriedades alteradas em virtude da compactação causada pela utilização desses maquinários. Nesse sentido as áreas da bacia mais afetadas por esse problema seriam os locais onde os tipos de solos são resultantes da Formação Serra Geral, pois esse substrato rochoso dá origem a solos mais argilosos que em sua maioria são marcados pela baixa porosidade e quando compactados sua estrutura dificulta o desenvolvimento das raízes das plantas.

A extração de rochas é observada no médio curso da bacia, na área de predomínio da Formação Serra Geral, onde são encontradas rochas como o basalto, que é a principal fonte de extração. Dessa forma sua extração tem como objetivo atender as construções como, por exemplo, a construção residencial ou/e comercial e na organização de vias de acesso (Figura 41). Estas áreas degradadas, pela extração das rochas, necessitam ser recuperadas conforme a orientação da legislação ambiental vigente, para que não ocorram maiores prejuízos como o carreamento das partículas pelo ar e água.



Figura 41: Extração do basalto no médio curso da bacia

Fonte: Coleta de campo (2009)

5.2 GEOINDICADORES DE ESTADO

A classificação dos geoindicadores de Estado propõe contemplar a necessidade de se caracterizar de forma individual e integrada a dinâmica dos atributos do meio físico que podem interferir na degradação de uma determinada área. Na bacia em estudo, após as análises dos referenciais teórico-metodológicos e dos trabalhos de campo foram identificadas as classes hipsométricas, classes de declividade e a presença dos distintos substratos rochosos como geoindicadores de Estado.

Classes hipsométricas: A análise da distribuição das classes hipsométricas na bacia em estudo, possibilitou a obtenção de informações quanto à altimetria do relevo presente na área, sendo que esses dados exercem influência sobre a distribuição das formas de uso e ocupação do solo na bacia.

A seleção do referido geoindicador demonstrou que 9,1% da bacia é marcada por valores altimétricos menores que 300m. As áreas com até 340m correspondem a 18% e as de 380m ocupam uma área total de 14,1%. No que se refere aos locais com hipsometria de 420m sobressai uma área de 14%, a classe de 460m destaca-se como sendo predominante ocupando 19,5%, seguindo para a classe de 500m com 18,1% e uma menor percentagem para os valores hipsométricos superiores a 500 com 7,2% (Gráfico 8).

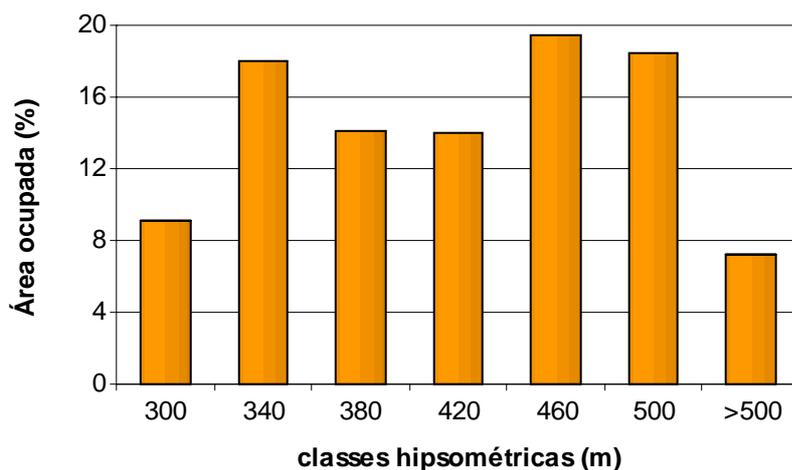


Gráfico 8: Área ocupada pelas classes hipsométricas na bacia em estudo

Classes de declividade: A inserção das classes de declividade no grupo dos geoindicadores de estado refere-se à importância que as mesmas exercem na caracterização da dinâmica do meio físico, pois a declividade revela formas do relevo que influenciam na velocidade do escoamento superficial, sendo que esse fator principalmente nas áreas próximas aos cursos d'água quando desprovidas de uma cobertura vegetal adequada podem levar a formação de feições erosivas, que podem resultar na alteração de elementos como o solo e os recursos hídricos.

Dentre a distribuição das classes de declividade no interior da bacia do ribeirão São Tomé, observou-se um predomínio das classes de 0-3% e de 3-8%, onde no primeiro caso estão integradas as áreas de relevo suave que ocupam 31,6% da bacia, nos quais o escoamento superficial é lento ou médio. Na segunda classe apresentada destacam-se áreas de relevo ondulado, correspondendo a 33,8%, com escoamento superficial que na maioria das vezes se manifesta de médio a rápido.

A classe integrada pelo intervalo de 8-16%, concentra 28,8% da área total da bacia caracterizando-se pela presença de vertentes muito inclinadas.

No entanto nas proximidades dos cursos d'água constata-se a ocorrência das classes de declividade de 16-30%, equivalendo a 5,5% da área total da bacia em estudo, e de 30-45% com 0,3% sobressaindo áreas marcadas por escoamento superficial rápido (Gráfico 9).

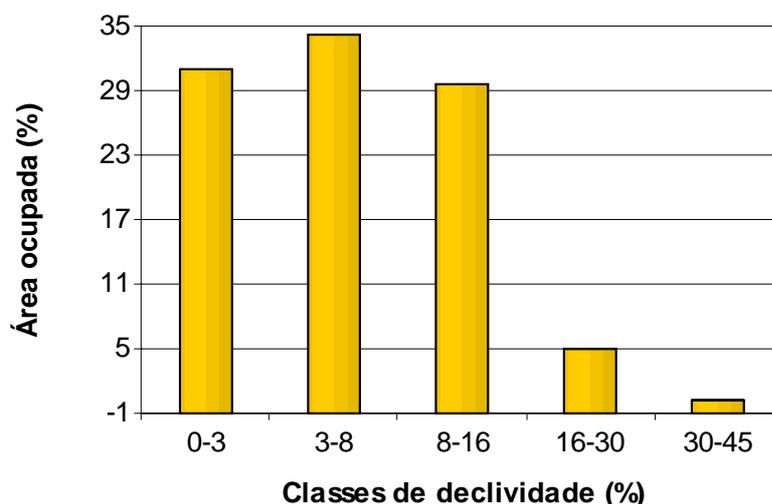


Gráfico 9: Área ocupada pelas classes de declividade na bacia em estudo

As interpretações do escoamento superficial com as classes de declividade realizadas na bacia em estudo foram feitas de acordo com as proposições de Lespch (1991).

Substrato rochoso: A seleção do substrato rochoso como um geoindicador de estado, foi feita devido às condições específicas desta bacia, ou seja, o comportamento diferenciado dos distintos substratos rochosos frente aos processos de degradação quer seja natural ou antrópico.

A distribuição dos distintos substratos rochosos que compõem a bacia correspondente à dinâmica da Formação Caiuá é de 47%, enquanto que a Formação Serra Geral ocupa a uma área total de 53%.

Dessa forma pode-se verificar que as áreas ocupadas pela Formação Caiuá são marcadas pela presença de menores classes de declividade, por solos de textura arenosa e por canais fluviais com formas mais retilíneas. Nas áreas que estão sob a Formação Serra Geral são encontradas as maiores classes de declividade, os solos argilosos e os canais de drenagem mais densos.

5.3 GEOINDICADORES DE RESPOSTA

A proposição dos geoindicadores de resposta tem como objetivo levantar junto aos Órgãos públicos algumas ações para prevenir ou/e amenizar as alterações levantadas nos atributos do sistema físico-natural.

Dessa forma o reflorestamento das nascentes e das matas ripárias nas proximidades dos cursos d'água, o planejamento adequado na instalação de galerias pluviais, a recuperação de feições erosivas nas margens dos cursos d'água e os programas de conscientização dos

agricultores na preservação das áreas de Reserva Legal, são ações que vão agir de forma conjunta, pois a recuperação da vegetação nas áreas de nascente e nas proximidades dos cursos d'água, vai proporcionar uma redução na ocorrência de feições erosivas nesses locais, diminuindo a produção de sedimentos que são transportados para os canais fluviais e por consequência diminuindo o assoreamento.

A recuperação das feições erosivas em evolução na bacia deve ser realizada com certa urgência, já que em alguns locais as propriedades dos solos estão sendo degradadas pela presença de feições erosivas do tipo ravinas e voçorocas que estão numa fase mais avançada de degradação, porém tem-se também localidades principalmente agrícolas que são marcadas por feições do tipo sulcos que se não forem controladas poderão evoluir, tornando essas áreas impróprias para uso agrícola.

Dentro desse contexto destaca-se também a preservação das Áreas de Reserva Legal que são firmadas legalmente, porém em muitas propriedades agrícolas verificou-se o descumprimento legal, isso se deve à falta de conscientização dos agricultores quanto a importância ambiental da presença de áreas voltadas a preservação da vegetação no interior de suas propriedades.

6. CONCLUSÕES

Diante de todas as análises que integraram a caracterização dos sistemas físico-natural e socioeconômico, podem ser extraídas algumas conclusões quanto à influência dos geoindicadores na avaliação das condições ambientais da bacia do ribeirão São Tomé.

Os geoindicadores foram classificados no modelo Pressão, Estado e Resposta (PER), Portanto este modelo difere de alguns autores que consideram somente as mudanças naturais que ocorrem em determinada área, este modelo considerada também a ação antrópica.

A investigação do geoindicador uso e ocupação proporcionou uma caracterização das principais formas de uso do solo pelas atividades antrópicas, destacando-se com isso as pressões que essas atividades podem exercer sobre os atributos do meio físico.

Foi constatado com a análise do referido geoindicador um aumento no uso da área por culturas temporárias de 75,3% no ano de 1985 para 79,2% no ano de 2009, diante desses dados pode-se considerar que o desenvolvimento da cultura temporária desprovida de planejamento adequado pode prejudicar a manutenção da cobertura vegetal, da qualidade do solo e das águas superficiais.

A implantação dessa atividade é apoiada pelo uso de maquinários e de insumos agrícolas, que influenciam na retirada de grandes parcelas da cobertura vegetal nativa, de modo que o solo fica exposto à ação de agentes naturais e antrópicos que promovem o transporte de grandes porcentagens de solo, podendo acarretar no surgimento de feições erosivas que comprometem sua qualidade. Dessa forma, os cursos d'água passam a funcionar como receptores das porções de solos transportados, situação que contribuí para seu assoreamento.

Esse fato está presente na bacia em estudo, pois foram observadas no seu interior, principalmente nas proximidades dos cursos d'água a presença de feições erosivas, que em parte resultaram da suscetibilidade natural dos tipos de solo da área e foram agravadas pelas formas de seu uso e ocupação, compreendidas pela implantação de culturas temporárias como a soja e a cana-de-açúcar.

Nas áreas ocupadas por essas culturas verificou-se a ausência quase que total da cobertura vegetal nativa ou secundária, estando os solos expostos aos agentes erosivos. Sendo assim alguns trechos do canal fluvial do ribeirão São Tomé e de seus afluentes apresentam-se assoreados em partes pela presença de porções do solo exposto que foram transportados para o meio fluvial.

Além disso, a partir do geoindicador uso e ocupação do solo pode-se verificar uma redução das áreas de preservação ambiental de 8,2% no ano de 1985 para 6,5% no período de 2009 essa redução é acompanhada por um aumento das áreas urbanas de 6,8% em 1985 para 7,5% em 2009 e das culturas temporárias como já foi explicitado anteriormente.

O geoindicador fontes de degradação apresentou algumas atividades antrópicas como o uso de implementos agrícolas, o uso de agrotóxicos, a extração de rochas e a disposição de resíduos sólidos e líquidos. Estas atividades são desenvolvidas sem levar em consideração à dinâmica dos elementos que integram o meio físico-natural, confirmando a necessidade de pesquisas ambientais que abarcam uma caracterização dos sistemas físico-natural e socioeconômicos.

As fontes de degradação marcadas pelas feições erosivas e pelo assoreamento sobressaem em partes como resultados ambientais das formas de uso e ocupação do solo predominante.

Os geoindicadores de estado por sua vez caracterizaram alguns atributos do meio físico-natural, como o relevo e o substrato rochoso. Essa caracterização trouxe um conhecimento das condições desses atributos, fator que é de fundamental importância na implementação do Planejamento Ambiental da área, para que as formas de uso e ocupação do solo pelas atividades antrópicas possam ser mais sustentáveis.

Diante disso pode-se considerar que as áreas com maiores classes de declividade onde o substrato rochoso predominante é a Formação Caiuá, como no caso de alguns locais de baixa vertente no alto curso da bacia, que são ocupados por culturas, apresentam necessidade de planejamento no processo de uso e ocupação, uma vez que essas características alertam para suscetibilidades naturais da área.

Quanto aos geoindicadores de resposta vale considerar que os mesmos são ferramentas de auxílio que podem amenizar as alterações ambientais atuais e futuras da bacia, com isso o reflorestamento das nascentes e das matas ripárias nas proximidades dos cursos d'água, o planejamento adequado na instalação de galerias pluviais, a recuperação de feições erosivas nas margens dos cursos d'água e os programas de conscientização dos agricultores na preservação das áreas de Reserva Legal, são práticas que podem ser desenvolvidas pelo poder público de forma conjunta com a sociedade com certa urgência, já que a evolução das atividades antrópicas está ocorrendo de maneira acelerada, ignorando a dinâmica do sistema físico-natural.

Outro fator de extrema importância para o desenvolvimento da dissertação foi a utilização de produtos cartográficos (cartas topográficas, mapas diversos e imagens de

satélite), sendo assim a utilização do Sistema de Informação Geográfica por meio de um banco de dados georreferenciado associado às coletas de campo demonstraram ser ferramentas valiosas para os estudos ambientais.

Por fim é importante frisar que os estudos ambientais estão em fase de amadurecimento, e que a utilização de métodos de levantamentos como os geoindicadores podem ser umas das alternativas para o desenvolvimento de estudos mais integrados, que proporcionam o conhecimento das condições físicas e antrópicas, levando em consideração um período máximo de análise de cem anos.

REFERÊNCIAS

APROMAC. Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte, 2010. Disponível em: <http://www.apromac.org.br/>. Acessado em: 20 de jan. de 2010.

BERGER, A. R. Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature. **GSA TODAY**. Canadá, 1998. v. 9. p. 3 a 8.

BERGER, A. R. Introduction to Geoindicator checklist. In: Berger. A. & Iams. W. J. (eds.). **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems**. Rotterdam, A. A. Balkema, 1996. p. 466.

BERGER, A. R. Tracking rapid geological change. **IUGS, Internacional Union Geological Science**, v. 25, p. 154- 159, 2002. Disponível em: <http://www.lgt.lt/geoin>. Acesso em: 10 dez. 2008.

BERGER A, SATKUNAS J., HERMELIN M. Los geoindicadores, una necesidad para Colombia. **Gaceta Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, 2003. vol. 7. n. 10. Disponível em: <http://www.lgt.lt/geoin>. Acesso em: 10 dez. 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETTO, F. **Conservação do solo**. 4ª edição. São Paulo: Ícone, 1999. p. 355.

BIGARELLA, J. J. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: ABGE, 1985.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS. E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

BIZ. C. F. M. **Análise ambiental do município de Floresta-PR: a aplicação de Geoindicadores**. Dissertação (Mestrado): Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2009.

BRASIL. Lei Federal nº 4771, 15/09/1965. **Código Florestal**, 1965.

BRIGUENTI, E. C. **O uso de Geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 79f. Dissertação (Mestrado): Universidade de Campinas. Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br.html>. Acesso em: 25 maio 2007.

CAMPAGNOLI, F. **A aplicação do assoreamento na definição de Geoindicadores ambientais em áreas urbanas: exemplo na bacia do Alto Tietê, SP**. 192f. Tese (Doutorado): Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

CANIL, K. **Indicadores para monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na bacia do ribeirão Pirajuçara (SP)**. 152f. Tese (Doutorado): Departamento de Geografia da faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

CARVALHO, S. M. A contribuição dos estudos em bacias hidrográficas para a abordagem ambiental na Geografia. In: MENDONÇA, F. A.; LOWEN-SAHR, L. C.; SILVA, M. **Espaço e tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico**. Curitiba: Associação de Defesa ao Meio Ambiente e Defesa de Antonina (ADEMAN), 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, 1969. n. 9. v. 18. p. 19-34.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Universidade de São Paulo: Edgard Blucher. 2ª edição, 1980. p.1980

CHRISTOFOLETTI, A. Caracterização de indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental. **Revista Sociedade & Natureza**. n. 15 v. 8. 1996. p. 31-33.

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, M. A. A. (Org.). **Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. 3ª edição. São Paulo: HUCITEC-ANPUR, 1997. p. 199 e 200.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GEURRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

COLTRINARI, L. Geografia física e mudanças ambientais. In: CARLOS, A. F. **Novos caminhos da geografia**. 5ª edição. São Paulo: Contexto, 2005. p. 204.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e Geoindicadores. **Revista Pesquisa em Geociências**. Porto Alegre. vol. 28 n.2, 2001. p. 307-314.

COLTRINARI, L.; McCALL, G. J.H. Geoindicadores: Ciência da terra e mudanças ambientais. In **Revista do Departamento de Geografia/USP**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, nº9. São Paulo, 1995, p. 05 - 11.

CMNP. Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. **Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná**. São Paulo: EDANEE, 1975.

COSTA, R. A.; SILVA JUNIOR, C. C.; SANTOS, F. O. O uso de Geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental a cidade de Caldas Novas (GO). In: **X EREGEO Simpósio regional de Geografia**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2007.

CRUZ, S. P. **Avaliação da Degradação do Meio Físico por Áreas de Empréstimo Usando Geoindicadores e Sistema de Informações Geográficas - Área Urbana de Ilha Solteira (SP)**. Dissertação (Mestrado) 161f. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2008.

DELGADO, E. N. F. **Desenvolvimento local e meio ambiente: as transformações históricas na paisagem do município de Novo Itacolomi-PR 1975-2007**. 245f. Dissertação (Mestrado): Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2008.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 412.

EMBRAPA. **Carta de solos do Estado do Paraná**. Folhas: SF.22-Y-C MIR 495 e 496. Escala 1:250.000, 2008.

EMATER. Empresa brasileira de extensão rural. **Relatório municipal da produção agrícola**. Cianorte, 2009a.

EMATER. Empresa brasileira de extensão rural. **Relatório municipal da produção agrícola**. São Tomé, 2009b.

FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea e suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Bauru e Caiuá**. São Paulo. 129f. Dissertação (Mestrado em Geociências): Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1992.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, 1952. v. 11 p. 53-57.

GALETI, P. A. **Práticas de controle á erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino agrícola, 1984. p. 278.

GASPARETTO, N. V. L; SOUZA, M. L. Contexto Geológico-Geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense – PR. In: **Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense**. Anais... Maringá, 2003. p. 54-65.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-340.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 472.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 648.

GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization. **Environmental Geology**. Springer, Berlin, 2002. v. 1 n. 42 p. 736-742.

HIRAI, J. N.; AUGUSTO FILHO, O. Avaliação ambiental por meio de geoindicadores: aplicação de erosão de solos e sedimentos. **Revista Minerva**. São Carlos, 2008. v. 5 n. 1. p. 35-44. Disponível em: http://www.fipai.org.br/revista_minerva. Acesso em: 10 dez. 2005.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. América Bulletin**, 1945. v. 56 n. 3 p. 275-370.

IAP. **Instituto Ambiental do Paraná**. 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br>. Acessado em 20 de maio de 2009.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática: Censo demográfico**. 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 24 março de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Departamento de Cartografia. **Carta Topográfica de Jussara**. Folha: SF-22-Y-D-IV-1 MI 2782/1. Escala 150.000, 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Departamento de Cartografia. **Carta Topográfica de São Jorge do Ivaí**. Folha SF-22-Y-D-I-3. Escala 150.000, 1972.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. p. 178.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.175.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Ed. Nacional da Universidade de São Paulo, 1975.

LIMA, A. S.; FONTES, A. L. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. In: SOUZA, R. M. **Território, planejamento e sustentabilidade: conceitos e práticas**. São Cristóvão: Editora UFS, 2009.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª edição. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. p. 440.

MAGALHAES, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos. Realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 688.

MATTOS, S. H. V.L. **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarão**. 120f. Dissertação (Mestrado): Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br.html>>. Acesso em: 25 jul.2007.

MENDONÇA, R. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: uma proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **RA'E GA, O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba; v. 1, n. 1, 1999.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica. **Revista RA'EGA**. Curitiba, 2000. n. 4. p. 139-152.

MINEROPAR. **Minerais do Paraná**, 2009. Disponível em: www.mineropar.pr.gov.br. Acessado em: 15 de jan. de 2009.

MINEROPAR. **Mapas Geológicos**. Folha de Umuarama. Escala 1:250.000, 2006.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria de Serviço Geográfico. **Carta Topográfica de Cianorte**. Folha: SF.22-Y-C-VI-2 MI 2781/2. Escala 1:50.000, 1989.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. Departamento de Engenharia e Comunicações. Diretoria de Serviço Geográfico. **Carta Topográfica de Paraíso do Norte**. Folha SF.22-Y-C-III-4 MI 2755/4. Escala 1:50.000, 1989.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos do Terceiro Planalto do Paraná – Brasil. In: **Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense**. Anais... Maringá, 2003. p. 67-85.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 5ª edição Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 97 e 98.

NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Mapeamento de zonas de riscos á erosão de Cidade Gaúcha – PR. In: **Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense**. Anais... Maringá, 2003. p. 101-129.

OECD. *Organization for Economic Cooperation and Development. Core set of indicators for environmental performance reviews*. Paris: OECD, 1993. Disponível em: <http://www.oecd.org>. Acessado em: 20 de out. de 2008.

OLIVEIRA, C. **Dicionário cartográfico**. 2ª edição, Rio de Janeiro: IBGE, 1983. p. 781.

PINESE, J. P. P.; NARDY, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto paranaense. In: **Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense**. Anais... Maringá, 2003. p. 39-52.

PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, E A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2004. v. 28 n. 2 p. 297-305. Disponível em: www.sbc.org.br. Acessado em: 10 jan de 2009.

PMC. **Prefeitura Municipal de Cianorte**, 2009. Disponível em: www.cianorte.pr.gov.br. Acessado em: 05 de set. de 2009.

PMST. **Prefeitura Municipal de São Tomé**, 2009. Disponível em: www.saotome.pr.gov.br. Acessado em: 20 de jan.. de 2009.

REBOUÇAS, A. C. Panorama da água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. (Org.). **Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil**. São Paulo: IEA/USP, 1997. p. 79.

REGO NETO, C. B. **A integração de Geoindicadores e reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana**. 231f. Tese (Doutorado): UFSC. Florianópolis, 2003.

RODRIGUES, C. ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. **Praticando Geografia técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de textos, 2005 p. 239.

RODRIGUES, S. F. S. **Avaliação das alterações da rede de drenagem em sub-bacias e microbacias do Alto e Baixo rio Capivari (Louvera e Rafardi/SP)**. 245f. Dissertação (Mestrado): Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

ROMÃO, A. C. B. C.; SOUZA, M. L.; SANTOS, S. P. C. **A utilização dos geoindicadores no estudo da degradação ambiental de bacias urbanas: o caso da bacia do córrego Moscados, Maringá-PR**. In: III SIMPGEO. Simpósio Paranaense de Pós-Graduação em Geografia. Anais... Ponta Grossa, 2008 p. 15

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil. Subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2006. p. 93 e 94.

ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: Âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia/USP**. n.12, 1998. p. 89-121.

RUDORF, F. M. **Geindicadores e análise espacial na avaliação de suscetibilidade costeira a perigos associados a eventos Oceanográficos e Meteorológicos extremos**. 102f. Dissertação (mestrado): UFSC. Florianópolis, 2005.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 107f. Dissertação (mestrado): UFSC. Florianópolis, 2002.

SATKUNAS, J.; NYAMBE, I.; SIMPSON, C. Ge indicators - a technique that can strengthen environmental monitoring in Southern and Eastern Africa. **GEOENVIRONMENT**. Lusaca, 2001. Disponível em: <http://www.lgt.lt/geoin>. Acesso em: 10 dez. 2008.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geol. Soc. American Bulletin**, 1956. v. 67 p. 597-646.

SOUZA, M. L. Caracterização Geotécnica básica dos materiais inconsolidados do Município de Campo Mourão (PR). In: **Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense**. Anais... Maringá, 2003. p.87-100.

SOUZA, R. M. **Inventário dos geindicadores, 1989 a 2004, da bacia hidrográfica Águas de Miringuava, distrito de Floriano – PR**. 70f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, 2005.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-Altitude) analysis of erosional topography. **Geol. Soc. America Bulletin**, 1952 v. 63 p. 1117-1142.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Dados de precipitação**. Cianorte, 2009.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Disponível em: www.suderhsa.pr.gov.br. Acessado em: 5 de dez. de 2010.

SUGIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. Passado, Presente = Futuro?**. São Paulo: Editora Paulo's, 2001 p. 366

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades – gênese – importância econômica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. p. 500.

TAVARES, A. B.; CRUZ, S. P.; LOLLO, J. A. Geindicadores para a caracterização de estado de diferentes ambientes. **Revista Estudos Geográficos**. Rio Claro, 2007 vol. 5 n. 2. p. 42-57.

TOLENTINO, M.; GANDOLFI, N.; PARAGUSSU, A. B. **Caderno Especial da Revista Brasileira de Geografia**, 1965. v. 30 n. 4 p. 42-50.

TRINTIN, J. G. **A nova economia paranaense: 1970-2007**. Maringá: Eduem, 2006. p. 190.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS, 1995. p. 428.

WACHOWICZ, R. **História do Paraná**. 10ª edição. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná, 2002. p. 360.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)