



CEPPE - CENTRO DE PÓS – GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL

FLÁVIO BORGES DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHOEIRINHA,
GUARULHOS/SP**

Guarulhos
2015



CEPPE

CENTRO DE PÓS – GRADUAÇÃO E PESQUISA

FLÁVIO BORGES DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHOEIRINHA,
GUARULHOS/SP**

Dissertação apresentada à Universidade Guarulhos
para obtenção do título de Mestre em Análise
Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Bau Dalmas

Guarulhos

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas Fernando Gay da Fonseca

N244a

Nascimento, Flávio Borges do

Avaliação das fontes de poluição hídrica da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, Guarulhos, SP / Flávio Borges do Nascimento. -- 2015.

99 f.; 31 cm.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Bau Dalmas

Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, Guarulhos, SP, 2015.

1. Bacia hidrográfica 2. Qualidade da água 3. Qualidade ambiental I. Título II. Dalmas, Fabrício Bau, (Orientador). III. Universidade Guarulhos

CDD. 551.4



A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada "**Avaliação das Fontes de Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, Guarulhos/SP**" em sessão reservada realizada em 26 de Fevereiro de 2015, considerou o candidato **Flávio Borges do Nascimento** aprovado.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

Prof. Dr. Fabrício Bau Dalmás

Orientador

Universidade Guarulhos – UnG

Prof. Dr. Marcio Roberto Magalhães de Andrade

**Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais-
CEMADEN**

Prof. Dr. Antônio Roberto Saad

Universidade Guarulhos - UNG

Guarulhos

2015

Dedico o presente trabalho a meus pais, Demerval e Eliene, minha esposa Tatiane, aos meus filhos Maria Eduarda e João Gabriel, aos Docentes e Orientadores da UnG, pessoas a quem muito devo do que pouco sei.

AGRADECIMENTOS

Nesta página muito especial deste trabalho, gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizá-lo.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram durante essa caminhada em busca do conhecimento.

Agradeço de forma especial:

1. Ao Professor e grande amigo, Marcio Roberto Magalhães de Andrade, pela contribuição, orientação, confiança e amizade;
2. Ao Professor e amigo, Antônio Roberto Saad pela amizade, oportunidade, confiança depositados em mim;
3. Ao professor, Antônio Manoel dos Santos Oliveira pelo vasto conhecimento e sabedoria.
4. Ao meu orientador e amigo, Fabrício Bau Dalmas pelo apoio, paciência, orientação e auxílio.
5. Agradeço muito ao Professor Paulo Eduardo de Oliveira, pela amizade, conselhos e orientações acadêmicas.
6. A minha esposa Tatiane, pela paciência, compreensão e apoio de sempre.
7. Ao Colégio Liceu Salesiano Nossa Senhora Auxiliadora, pelo apoio e incentivo, com destaque especial a Coordenadora Vera Silva de Oliveira.
8. A todos que direta ou indiretamente me apoiaram na busca pelo conhecimento.

“A persistência é o melhor
caminho para o êxito.”

Charlie Chaplin

RESUMO

A premência de informações relativas a recursos hídricos, visando uma melhor prestação de serviços à sociedade, apresenta à comunidade científica a necessidade de adequação de pesquisas na busca por respostas às necessidades da população. A presente pesquisa avalia as fontes de poluição hídrica da bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, que é sub-bacia do rio Baquirivu Guaçu, localizado em Guarulhos, São Paulo. Na atualidade, Guarulhos é o segundo município do Estado de São Paulo em população e nas últimas décadas aumentou sua importância no país em aspectos socioeconômicos. O acelerado processo de crescimento está diretamente ligado à deficiência de planejamento da cidade em torno de uma vasta rede hídrica que recebe diariamente esgotos e detritos diversos, além de ocupações residenciais em áreas de proteção ambiental e várzeas que crescem de forma descontrolada. Fornecer dados e informações a respeito de bacias hidrográficas é de extrema importância na atualidade, uma vez que o conhecimento de suas características físicas permite um melhor planejamento e uso sustentável do espaço geográfico. Neste estudo, foi elaborada a caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha em escala 1:50.000, mapeamento do uso da terra 1:20.000, visando a identificação de áreas degradadas e os efeitos dos diferentes tipos de uso na qualidade ambiental e análise dos aspectos de qualidade ambiental da bacia a partir das informações geradas, em especial quanto a vulnerabilidade e poluição hídrica. A análise dos resultados foi dividida em três partes, sendo eles o mapeamento de uso da terra, a caracterização morfométrica e as fontes de poluição hídrica.

Palavras-chave:- Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha; Poluição hídrica; Qualidade Ambiental, Qualidade da água, Bacia Hidrográfica do Baquirivu-Guaçu e Poluição Difusa.

ABSTRACT

The urgency of information on water resources, to better provide services to society compels the scientific community, the need for adequacy of research in the quest for answers to the needs of the population. This research evaluates the sources of water pollution of the watershed of Cachoeirinha Stream, which is the river Baquirivu Guaçu sub-basin, located in Guarulhos, São Paulo. Nowadays Guarulhos is the second county in the state of São Paulo in population and in recent decades its importance has increased, concerning the socioeconomic aspects in the country. The accelerated growth process is directly linked to the deficiency of city planning around a vast water supply that daily receives sewage and different kinds of debris, besides residential occupations in areas of environmental protection, and floodplains that grow uncontrollably. Providing data and information about watersheds is extremely important today, since the knowledge of its physical characteristics allows better planning and sustainable use of geographical space. In this study these were drawn, morphometric characterization of the basin in 1: 10,000 scale, mapping of land use 1: 20,000 - aiming the identification of degraded areas and the effects of different types of use in environmental quality. The analysis of the aspects of environmental quality of the basin from the information generated, particularly concerning vulnerability and water pollution. The analysis was divided into three parts, namely, the mapping of land use, the morphometric characterization and sources of water pollution.

Key-words: Cachoeirinha Stream Watershed; Water pollution; Environmental Quality, Water Quality, Baquirivu Guaçu Watershed and Diffuse Pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mapa da localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG).....	08
Figura 02	Mapa da localização da Bacia Hidrográfica do Cachoeirinha por Bairros (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG)....	07
Figura 03	Ilustração tridimensional do embasamento cristalino do Baquirivu-Guaçu (DINIZ, 1996).....	09
Figura 04	Mapa Geológico da BHBG (Campos, 2011 com base em OLIVEIRA et al., 2009 e DINIZ, 1996).....	10
Figura 05	Perfil Geológico-Geomorfológico no Estado de São Paulo (modificado de AB´ SABER, 1956, em Graça, 2007).....	11
Figura 06	Mapa Geomorfológico da BHBG com base em (ANDRADE, 1999 e Diniz, 1996).....	12
Figura 07	Mapa pedológico, em Guarulhos (ROSSI et al., 2008) e em Arujá extrapolado a partir das características geológicas e geomorfológicas.....	14
Figura 08	Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu, demonstrando as principais Bacias da margem direita (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG).....	15
Figura 09	Nascente a montante do Baquirivu Guaçu, Vila Ferreira, Arujá (Google Earth 2014).....	17
Figura 10	Primeiro sistema de caixa de esgoto no ponto exato da nascente do Baquirivu (Foto do autor).....	18
Figura 11	Segundo sistema de caixas de esgoto na nascente do Baquirivu (Foto do autor).....	18
Figura 12	Final do sistema de canalização da nascente a montante do Baquirivu (Foto do autor).....	19
Figura 13	Edificação sobre o sistema de canalização do Baquirivu (Foto do autor).....	20

Figura 14	Rio Baquirivu após implantação do sistema de galeria fechada na Avenida Amazonas em Arujá, (Google Earth 2014).....	20
Figura 15	Rio Baquirivu antes da implantação do sistema de galeria na Avenida Amazonas em Arujá (acervo da Prefeitura Municipal de Arujá).....	21
Figura 16	Sistema de canalização de seção trapezoidal do Rio Baquirivu em Áruja (Foto do autor).....	21
Figura 17	Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, demonstrando os pontos Qualidade da água (IET) (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG).....	22
Figura 18	Estado trófico do córrego Taquara do Reino nos pontos 1, 2 e 3 de maio/13 a março/2014 (ROSA,2014).....	26
Figura 19	Correlação de medidas (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011 (PORTO,2012).....	27
Figura 20	Correlação de medidas (NMP) de <i>Scherichia coli</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011 (PORTO,2012).....	28
Figura 21	Correlação de medidas (NMP) de <i>Streptococo sp</i> com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011 (PORTO,2012).....	29
Figura 22	Correlação de medidas de Fósforo total (mg/l) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de setembro de 2011 (PORTO,2011).....	30
Figura 23	Valores médios do IET ao longo do trecho analisado do Ribeirão Tanque Grande (LOPES,2013).....	31
Figura 24	Valores médios de IET no rio Baquirivu-Guaçu (BQGU 03200) a jusante da ETE – Arujá, Goulart (2013).....	32
Figura 25	Análise dos valores do IET em gráfico boxplot antes (1996 até 2003) e após (2005 até 2012) a implantação da ETE Arujá (Goulart,2013)...	33
Figura 26	Mapa da vegetação do Município de Guarulhos (fonte: Laboratório	

	de Geoprocessamento da UNG).....	34
Figura 27	Guarulhos – População estimada por bairros (Fonte: IBGE – CENSO 2010).....	36
Figura 28	Vegetação Florestal Nativa. Coordenadas 23° 23' 33.08" S; 45° 29' 45.84" O (Fonte: Google Earth 2014).....	54
Figura 29	Vegetação Arbórea Aberta. Coordenadas 23° 24' 53.38" S; 46° 31' 17.34" O (Fonte: Google Earth 2014).....	54
Figura 30	Culturas Agrícolas. Coordenadas 23° 24' 50.32" S; 46° 30' 07.59" O (Fonte: Google Earth 2014).....	55
Figura 31	Solo Exposto. Coordenadas 23° 24' 36.84" S; 46° 30' 44.49" O (Fonte: Google Earth 2014).....	55
Figura 32	Solo Exposto. Coordenadas 23° 24' 51.83" S; 46° 29' 56.61" O (Fonte: Google Earth 2014).....	56
Figura 34	Equipamento Público Campo . Coordenadas 23° 24' 42.94" S; 46° 30' 11.56" O (Fonte: Google Earth 2014).....	57
Figura 35	Equipamento Público Campo . Coordenadas 23° 24' 43.19" S; 46° 30' 12.37" O (Fonte: Google Earth 2014).....	57
Figura 36	Equipamento Público Escola. Coordenadas 23° 24' 33.09" S; 46° 30' 11.07" O (Fonte: Google Earth 2014).....	58
Figura 37	Equipamento Público Escola. Coordenadas 23° 24' 31.79" S; 46° 30' 10.94" O (Fonte: Google Earth 2014).....	58
Figura 38	Equipamento Verde Urbano Praça. Coordenadas 23° 25' 35.20" S; 46° 29' 47.62" O (Fonte: Google Earth 2014).....	59
Figura 39	Ocupação Residencial com Baixa Densidade- Chácara. Coordenadas 23° 23' 50.57" S; 46° 29' 58.74" O (Fonte: Google Earth 2014).....	60

Figura 40	Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 30.17''$ S; $46^{\circ} 30' 14.13''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	60
Figura 41	Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 29.70''$ S; $46^{\circ} 30' 12.98''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	61
Figura 42	Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 36.43''$ S; $46^{\circ} 30' 04.01''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	61
Figura 43	Ocupação residencial de alta densidade, em consolidação, ordenada e sem pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 10.42''$ S; $46^{\circ} 30' 35.55''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	62
Figura 44	Ocupação Residencial com alta Densidade entre 30% e 70% e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 27.78''$ S; $46^{\circ} 30' 16.67''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	62
Figura 45	Ocupação Residencial com Alta Densidade entre 30% e 70% e Ordenada sem Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 27.78''$ S; $46^{\circ} 30' 16.67''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	63
Figura 46	Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 25' 00.53''$ S; $46^{\circ} 29' 31.00''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	64
Figura 47:	Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 51.38''$ S; $46^{\circ} 29' 50.58''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	64
Figura 48	Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 23' 47.39''$ S; $46^{\circ} 30' 45.83''$ O	

	(Fonte: Google Earth 2014).....	65
Figura 49	Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 23' 53.57''$ S; $46^{\circ} 30' 46.26''$ O	
	(Fonte: Google Earth 2014).....	65
Figura 50	Favela. Coordenadas $23^{\circ} 24' 38.38''$ S; $46^{\circ} 30' 15.63''$ O	
	(Fonte: Google Earth 2014).....	65
Figura 51	Favela. Coordenadas $23^{\circ} 24' 53.72''$ S; $46^{\circ} 29' 51.92''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	67
Figura 52	Favela. Coordenadas $23^{\circ} 24' 54.90''$ S; $46^{\circ} 29' 54.14''$ O (Fonte: Google Earth 2014).....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características morfométricas de bacias hidrográficas (TONELLO,2005)...	25
Quadro 2. Classificação morfológica do relevo de Guarulhos (Andrade ,2001).....	38
Quadro 3: Classificação de Estado Trófico de Rios, CETESB (2009).....	48
Quadro 4: Padrão de limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para os corpos hídricos de classe 3.....	50
Quadro 5: Áreas em % consideradas produtoras de esgoto em cada sub-bacia relativa aos pontos de monitoramento (PORTO,2012).....	52
Quadro 6: Valores de IET obtidos durante o período de tempo analisado, (LOPES,2013)	56
Quadro 7: Classificação do Índice de Estado Trófico (IET), (CETESB, 2009).....	57
Quadro 8: Sistema de classificação de mapeamento de uso e cobertura da terra (UGRHI Desenvolvido pelo Sistema Ambiental Paulista CPLA e IG, 2013).....	65
Quadro 09: Classes de uso da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.....	80
Tabela 10: Comparação das classes de usos das Bacias Hidrográficas do Cachoeirinha, Tanque Grande(em preparação) e Ribeirão Guaraçau (Santos, 2013).....	82
Quadro 11: Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.	83

LISTA DE ABRAVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
BHBG	Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu Guaçu
BHC	Bacia Hidrográfica do Cachoeirinha
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NEPA	National Environmental Policy Act
SIG	Sistema de Informações Geográficas
GPS	Global Positioning System
PDI	Processamento Digital de Imagens
SGBD	Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados
RCSB	Rift Continental do Sudeste do Brasil
IET	Índice de Estado Trófico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA.....	13
1.1 Objetivos.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Degradação Ambiental.....	17
2.2 Tipos e formas de poluição.....	18
2.3 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento.....	21
2.4 Geoprocessamento e bacias hidrográficas.....	25
2.5 Uso da terra.....	26
3. ASPECTOS RELACIONADOS À PAISAGEM GUARULHENSE.....	29
3.1 Características Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha/Invernada.....	29
3.1.1 Localização.....	29
3.1.2 Geologia.....	31
3.1.3 Geomorfologia.....	35
3.1.4 Pedologia.....	38
3.1.5 Hidrografia.....	40
3.1.6 Qualidade da Água do Rio Baquirivu-Guaçu.....	41
3.1.7 Meio biótico.....	59
3.1.8 Meio socioeconômico.....	60
4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....	62
4.1 Materiais.....	62
4.2 Métodos.....	62
5. RESULTADOS.....	65
5.1 Mapeamento do uso da terra.....	65
6. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.....	82
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....	95

1 INTRODUÇÃO / JUSTIFICATIVA

Durante muitos anos, o desenvolvimento econômico decorrente da revolução industrial, impediu que problemas ambientais fossem considerados como fatores pertinentes a sociedade, essa falta de consideração fez com que a poluição e os impactos ambientais gerados pelo desenvolvimento desordenado se tornassem cada vez mais visíveis, mas os benefícios proporcionados pelo progresso eram justificados como um mal necessário.

As comunidades indígenas já se preocupavam com a água para seu consumo, que era armazenada em talhas de barro e argila ou, até mesmo, em caçambas de rocha. Com os dejetos, também havia um cuidado especial, algumas áreas eram delimitadas para as necessidades fisiológicas e disposição de detritos.

No Brasil, a história do saneamento básico se confunde com a formação das cidades. A vinda da corte portuguesa em 1808 e a abertura dos portos em 1810, geraram grandes impactos no país e, principalmente, ao Rio de Janeiro, devido ao aumento de sua população nos anos seguintes. Entretanto, a evolução da higiene não acompanhou o aumento populacional e o progresso material e econômico da cidade.

Foi apenas em 1960 que o termo meio ambiente foi usado pela primeira vez em uma reunião do Clube de Roma, ali foi estabelecida a polêmica sobre os problemas ambientais. A primeira manifestação de maneira institucionalizada ao tema, impacto ao meio ambiente, surgiu com a criação da National Environmental Policy Act (NEPA), em 1969, nos Estados Unidos da América. Esse sistema foi institucionalizado no ano seguinte sendo denominado, processo de avaliação de impacto ambiental (AIA), tornando-se um instrumento de sua política ambiental; mais tarde, esse método de avaliação foi adotado pela França, Holanda, Grã-Bretanha e Alemanha, SANTANA,(2003).

No Brasil, as primeiras tentativas de aplicação de metodologias para avaliação de impactos ambientais, foram decorrentes de exigências de agentes financeiros internacionais para aprovação de empréstimos a projetos governamentais. Com a crescente conscientização da sociedade, tornou-se cada vez mais necessária a adoção de práticas adequadas de gerenciamento ambiental em quaisquer atividades modificadoras do meio ambiente. Essa preocupação levou o governo brasileiro a sancionar em 1981, a lei nº 6.938 que estabelece a Política

Nacional de Meio Ambiente, BRASIL (1981), contemplando fundamentos para a proteção ambiental no país.

Na atualidade, a atenção de pesquisadores e técnicos especializados em meio ambiente estão voltadas para a relação que os humanos têm com a água, a qualidade desse bem está diretamente ligada ao uso e à ocupação da terra. Vários órgãos, incluindo os governamentais, têm incentivado pesquisas relacionadas à proteção dos recursos hídricos, frente aos agentes responsáveis pela sua degradação, assim como o real significado desses impactos na disponibilidade futura da água disponível e utilizável, principalmente ao abastecimento público.

As redes de drenagem fluviais têm um papel central nos estudos hidrológicos, para, Christofletti (1980), muitos trabalhos serviram como referência para pesquisas, a partir do estabelecimento de leis sobre rios e suas bacias de drenagem em abordagens quantitativas ou morfométricas. Especificamente, a bacia hidrográfica tem sido utilizada como unidade de gestão da paisagem nas áreas relacionadas ao planejamento ambiental, especialmente na gestão dos recursos hídricos. Na visão de PIRES et. al. (2002), uma bacia hidrográfica é compreendida como um sistema biofísico complexo, que compreende sistemas hidrológicos e ecológicos coesos.

A água, do ponto de convergência de um sistema ambiental, estabelece muitas relações com diversos componentes físicos, bióticos e antrópicos. A qualidade da água deve satisfazer as exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais incumbidos dessa regulamentação, perante as diferentes formas de utilização, como alimentação, necessidades domésticas, agrícolas, industriais, transporte, pesca e lazer. Entretanto, a ênfase principal deve ser direcionada ao abastecimento e saúde pública.

Nas áreas de grandes centros urbanos, a qualidade das águas se apresentam cada vez pior, o que coloca em risco o abastecimento futuro das maiores cidades do nosso País, dentre elas a cidade de Guarulhos, que nas últimas décadas, adotou ações preventivas e corretivas em função da importância do desenvolvimento econômico e social aliado à proteção ambiental, com ênfase em medidas de disciplinamento principalmente relacionadas ao uso da terra e da apropriação dos recursos naturais BEZERRA (2008).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é um exemplo de situação alarmante, pois apresentou taxa de crescimento entre 2000 e 2010 de 0,98%

IBGE (2011). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), vivem nessa região, aproximadamente 21.154.988 milhões de habitantes IBGE (2010), distribuídos em 39 municípios, sendo que muitos deles não possuem saneamento básico satisfatório, o que compromete a qualidade de seus recursos hídricos. Nesse contexto, o rio Tietê é um dos que tem pior classificação nos estudos efetuados pela Agência Nacional das Águas (ANA) e pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

O problema do uso das águas públicas na Grande São Paulo vem desafiando as administrações dos Municípios e do Estado há muitos anos. O aumento da população ocorrido nas últimas décadas, por consequência da ocupação desordenada de áreas marginais aos cursos d'água, tem gerado o despejo de poluentes nos principais rios e córregos da cidade, o que dificulta a preservação da boa qualidade das águas.

Contudo, Guarulhos é um Município muito importante para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), tanto em aspectos físicos quanto humanos. Seu crescimento populacional acima da média da RMSP, especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu Guaçu, associado à necessidade de garantir os direitos fundamentais a sua população justificam a importância dessa pesquisa na busca incessante pelo entendimento da dinâmica atual das modificações antrópicas, gerando meios de garantir o bem estar da população, mantendo o que ainda resta de recursos hídricos, fauna e flora.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a caracterização e análise de informações das atividades socioeconômicas expressas no uso da terra da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, município de Guarulhos/SP, e assim, proporcionar a compreensão dos aspectos relacionados à qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

Os objetivos específicos são:

1. Mapear o uso da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha em escala 1:20.000;
2. Elaborar o mapa de poluição da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha em escala 1:20.000;
3. Realizar o levantamento das fontes de poluição hídrica, por fontes pontuais e difusas, com base no uso da terra;
4. Fazer a caracterização morfométrica da bacia em escala 1:50.000;
5. Analisar os aspectos de qualidade ambiental da bacia a partir das informações geradas, em especial, quanto a vulnerabilidade à poluição hídrica.

2. Fundamentação teórica

2.1 Degradação Ambiental

Referir-se ao meio ambiente é muito complexo porque inclui um conjunto de fatores físico-naturais, estéticos, culturais, sociais e econômicos que interacionam com o indivíduo e com a comunidade em que vive. O conceito de meio ambiente abarca também o fator tempo, isto é, o uso e a ocupação do espaço, a herança cultural e histórica.

Degradação ambiental é um termo que gera uma conotação negativa, sua utilização na literatura científica está quase sempre atrelada a perturbações antrópicas, obtendo, deste modo, o agente causador da degradação ambiental que é sempre o ser humano. Os processos naturais não degradam os ambientes, apenas causam mudanças. De acordo com SÁNCHEZ (2006), degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer modificação adversa dos processos, funções ou componentes naturais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental, resultando um impacto ambiental.

A degradação pode ser percebida a partir de diferentes graus de perturbação. O ambiente pode se recuperar espontaneamente, porém, a partir de certo grau de degradação, a recuperação espontânea torna-se impossível, sendo necessário um prazo muito longo para a recuperação, desde que a fonte de perturbação seja retirada ou reduzida CANDIDO (2008).

Diversas leis, decretos e portarias foram implementados no Brasil para a regulamentação do meio ambiente. Em agosto de 1981, foi criada a Lei n.º 6.938 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, cujo objetivo é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, visando assegurar para o país, condições de desenvolvimento sócioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Em janeiro de 1997, foi sancionada a Lei N° 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Artigo 21 da Constituição Federal, e altera o Artigo 1º da Lei 8.001, de 13 de Março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de Dezembro de 1989. O objetivo principal desta lei é a prevenção e uso racional das águas, propondo a criação dos comitês de bacias hidrográficas.

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e fauna são removidos, destruídos ou expulsos, ocorrendo perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas do solo WILLIANS et al. (1990).

A afirmação de MASCHIO et al. (1992) demonstra que a perturbação ocorre quando o desgaste é parcial e reversível; a descaracterização acontece quando o desgaste é total e reversível; na depauperação o desgaste é parcial e irreversível e na degradação o desgaste é total e irreversível.

De acordo com (DIAS; GRIFFITH,1998) os fatores que estão diretamente relacionados às áreas degradadas e a degradação do solo são, desmatamento ou remoção da vegetação natural para os fins da agricultura, florestas comerciais, construção de estradas, urbanização, superpastejo da vegetação, atividades e práticas agrícolas, exploração intensa da vegetação para fins domésticos, exposição do solo e agentes erosivos, atividades industriais ou bioindustriais.

2.2 Tipos e Formas de Poluição

Poluição vem do latim *pollutio*, de *polluere* manchar, corromper, sendo definida como uma alteração ecológica, uma alteração na relação entre os seres vivos, provocada pelo ser humano prejudicando direta ou indiretamente a vida ou o bem estar ao causar danos aos recursos naturais como o solo e a água.

As principais atividades definidas como fonte geradora de poluição dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, são os lançamentos de efluentes líquidos domésticos e industriais, bem como a carga difusa de origem urbana e agrícola CETESB (2010).

A poluição difusa não está prevista na Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ela define carga poluidora como a quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor. Como a poluição difusa não pode ser mensurada, a legislação não é aplicável, BORIN (2012), na atualidade, não há legislação federal que preveja o controle da poluição difusa.

Para GRASSI (2001), existem dois tipos de aporte de contaminantes nos

corpos receptores: a fonte pontual e a fonte difusa. As fontes pontuais são facilmente identificadas e monitoradas. Surgem a partir da descarga de subprodutos gerados em estações de tratamento de água e esgoto, descarga de efluentes industriais tratados e não tratados. De um modo geral, a fonte pontual pode ser reduzida ou eliminada por meio de tratamento apropriado para posterior lançamento em corpo receptor LIMA (2001). Dessa maneira é possível estabelecer medidas de controle, em alguns casos é possível penalizar responsáveis que infringem a legislação vigente.

A poluição de difusa pode ser dividida em duas categorias: as rurais, advindas de atividades agrícolas com o uso de fertilizantes e pesticidas; e as urbanas, ocasionadas com o lançamento da drenagem urbana. Segundo TOMAZ (2006), alguns aspectos estão relacionados à qualidade da água pluvial e a impermeabilização do solo, sendo eles, os sedimentos, sólidos totais em suspensão, sólidos dissolvidos totais, turbidez, carbono orgânico total, demanda bioquímica de oxigênio, nutrientes, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahn, metais pesados, nitratos, fosforo total e coliformes fecais.

As fontes de poluição difusa apresentam características muito diferenciadas, são geradas em extensas áreas e estão diretamente ligadas à precipitação e escoamento TOMAZ (2006). A deposição atmosférica e a drenagem de águas pluviais são fontes que contribuem para o aporte de maneira difusa, PORTO (1995). O monitoramento dessas cargas poluidoras não ocorre com a eficácia necessária devido à dificuldade de determinar seu ponto de origem, ocasionando muitas dificuldades para o estabelecimento de padrões de qualidade e de estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e assim adotar padrões aceitáveis principalmente quando se trata de padrões agrícolas, SIMIS et al. (1998). A quantidade de carga gerada depende do tipo e do uso do solo, de características hidrológicas e topográficas, cobertura vegetal, estações do ano e eficiência na limpeza de ruas, SILVA (2003).

PORTO (1995) destaca que é muito importante determinar a fonte de poluição difusa, pois somente assim é possível que se avalie corretamente seu potencial poluidor, os impactos gerados e quais as medidas de controle adequadas.

Os nutrientes são elementos químicos naturais fundamentais para o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas, sendo os mais significativos o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Esses nutrientes, quando presentes em

ambientes aquáticos, com destaque para o nitrogênio e fósforo, provocam toxicidade, eutrofização dos corpos d'água, afetando humanos e animais dependentes desse recurso (PINHARANDA; SIMAS, 2010).

A lixiviação é facilitada pela falta de cobertura vegetal do solo, que acelera as taxas de mineralização e aumenta os riscos de infiltração e transporte de nitratos e fosfatos no solo. Em condições de solo coberto a vegetação promoveria a sua retenção biológica, impedindo assim, a ocorrência de carga difusa.

AZEVEDO (2004), afirma que o Brasil perde, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de solo anualmente.

Os principais poluentes em ambientes urbanos são, sedimentos, sólidos flutuantes, carência de oxigênio e nutrientes, metais pesados, óleos e gorduras, microrganismos e outras substâncias tóxicas. As interferências antrópicas, na bacia hidrográfica, contribuem para um aumento significativo da produção de sedimentos que são carregados pelos cursos d'água e depositado nos reservatórios e fundo de leitos, assoreando assim, rios e córregos.

Segundo DAVIS et al. (2001), os metais em águas urbanas, merecem grande destaque e uma atenção diferenciada, devido a seu alto grau de toxicidade, podendo gerar em curto prazo impactos significativos, dependendo da concentração e quantidade. Em longo prazo, pode causar danos devido à bioacumulação e a não degradação dos metais, os mais encontrados em áreas urbanas são o cobre, cádmio, chumbo, cromo, zinco e níquel.

A toxicidade é variável e depende de interações complexas de tóxicos com outras características de águas superficiais, tais como, dureza, alcalinidade, Ph e concentração de oxigênio dissolvido e biodisponibilidade dos metais WONG et al. (2000).

Fontes de descarga de metais na água de drenagem urbana são diversas e compostas por mecanismos altamente complexos que variam entre bacias hidrográficas e também entre diferentes eventos de precipitação, bem como ao longo de um mesmo evento, CHUI et al. (1982).

A ação do tempo e da atmosfera sobre os materiais empregados na construção civil podem provocar a corrosão, tornando-se um ponto de liberação de poluição difusa, sendo transportados pela água pluvial até atingir os corpos aquáticos receptores BOLLER (2003).

A deposição de poluentes atmosféricos ocorre sobre telhados, ruas e demais superfícies da área urbana. A precipitação escorre sobre essas superfícies, carregando até os corpos d'água. Os poluentes encontrados em maior frequência são enxofre, metais, compostos orgânicos, fungos, pólen, solo, nutrientes, asfalto, cinzas e compostos químicos como óxidos, nitritos e nitratos, cloretos, fluoretos e silicatos. As indústrias e os veículos são as principais fontes de poluição do ar, sendo os veículos responsáveis, principalmente, por óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos voláteis, e as indústrias, por material particulado e óxidos de enxofre além dos desgastes de pneus, óleo lubrificante, fluido de freio, líquido refrigerante, ferrugem, partículas de tinta, freios e vazamento de óleos, estes poluentes são os mais tóxicos e potencialmente prejudiciais à vida aquática, TUCCI, (2001).

Pedaços de asfalto, partículas de cimento e de qualquer outro material utilizado na pavimentação, asfalto ou concreto, soltam-se, devido ao desgaste, e são carregados pela chuva. A quantidade gerada dessas partículas são proporcionais às condições dos pavimentos e às condições meteorológicas, WONG et al. (2000).

A poluição difusa oriunda do lixo pode ser classificada como embalagens, matéria orgânica, a exemplo de cascas de frutas, dejetos de animais, folhas secas, grama cortada e lixos deixados pela população, ou por descarte não intencional na coleta. A quantidade de lixo depende da densidade de ocupação de uma área, do movimento de pedestres, de veículos e de um modo especial, pela falta de bom senso da população.

2.3 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

A Política Nacional de Recursos Hídricos, da Lei Federal nº 9 433, de 18 de janeiro de 1997 e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, elegeram a bacia hidrográfica como a unidade territorial para desenvolver projetos de gerenciamento de recursos hídricos e de comitês de bacia hidrográfica. Foram criadas normas e regulamentos de ordenação do território, como Planos Diretores Municipais, instituições de programas com fins conservacionistas e o Projeto Nacional de Microbacias Hidrográficas.

A bacia hidrográfica é o elemento primordial de análise no ciclo hidrológico, o principal destaque ocorre em sua fase terrestre, estando inserida, a infiltração e o escoamento superficial.

A bacia pode ser definida como uma área limitada por divisores de água, separando-as das bacias adjacentes que servem de captação natural da água oriunda de precipitação por meio de superfícies e vertentes. A rede de drenagem, formada por cursos d'água, faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (LINSLEY; FRANZINI, 1978). Uma bacia também pode ser definida, como o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (BRIGANTE; ESPÍNOLA, 2003).

Bacia hidrográfica refere-se a uma formação geográfica natural delimitada por divisores de água e drenada superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes, SILVA (1995). Segundo KARMANN (2000), uma bacia hidrográfica, é uma área demarcada por um divisor topográfico, composto por um sistema de drenagem convergindo para um único ponto de saída definido como enxutório.

Na visão de BOTELHO (1999), bacia hidrográfica, é uma área da superfície que é drenada por um rio principal e seus tributários, obtendo limites traçados pelos divisores de água. Também pode ser denominada de bacia de captação, quando atua efetivamente como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem, quando atua principalmente na drenagem de cursos d'água, SILVA (1995).

De acordo com, TUNDISI (2003), uma bacia hidrográfica, possui características que a tornam uma unidade primordial para o estudo de diferentes formas de gerenciamento e planejamento ao criar uma unidade física participativa, obtendo o estímulo e interação da comunidade.

As bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia por meio de agentes climáticos e perdem energia por meio do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio

dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (LIMA; ZAKIA 2000). O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, os humanos acabam interferindo nos processos do ciclo hidrológico TONELLO (2005).

Os conceitos de bacia e sub-bacias estão relacionados a um conjunto de ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica, a subdivisão de uma bacia hidrográfica em sub-bacias, permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais e dos processos de degradação ambiental instalados, contudo, as sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal, (FERNANDES; SILVA,1994).

De acordo com, FAUSTINO (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para ROCHA (1997, apud MARTINS et al., 2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha, ou seja, 200 km² a 300 km². Para SANTANA (2003), bacias podem ser desmembradas em um número não definido de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos, dentro dessas subdivisões, uma sub-bacia, aparece também na literatura com termo, microbacia.

Para SANTANA (2003), o termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, sugerindo ao autor, a sua substituição por sub-bacia hidrográfica. Já para FAUSTINO (1996), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km².

Na definição de (CECÍLIO; REIS, 2006), a microbacia, assim como, a sub-bacia hidrográfica, obtém área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima, portanto, máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km².

O conceito ecológico é atribuído a microbacias, que as considera a menor unidade do ecossistema em que pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento. Esse conceito visa à identificação e o monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais MOSCA (2003).

Na afirmação de PISSARA et al. (2004), uma bacia hidrográfica deve ser analisada por suas características morfométricas, o padrão de drenagem e do relevo, refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. As classes de informações morfológicas determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por HORTON (1945), STRAHLER (1957), FRANÇA (1968), CRISTOFOLETTI (1978), entre outros. Segundo TONELLO (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem conforme Quadro 1.

Características morfométricas	Tipo de Análise
Características geométricas	Área Total Coeficiência de compactidade (Kc) Fator de forma (F) Índice de circularidade (IC) Padrão de drenagem
Características do relevo	Orientação Declividade mínima Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal Densidade de drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água

Quadro 1: Características morfométricas de bacias hidrográficas (TONELLO,2005).

2.4 Geoprocessamento e bacias hidrográficas

A palavra Geoprocessamento é o hibridismo do termo grego *gew* (Terra) com o termo latino *processus* (progresso, “andar avante”), significando implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na representação da superfície da Terra. Devido à necessidade dos humanos em manipular uma quantidade de dados e informações cada vez maior, surgem as ferramentas computacionais com o objetivo de facilitar o dia a dia de diversas áreas da ciência. O geoprocessamento é aplicado em estudos de diversas áreas do conhecimento no monitoramento, planejamento e tomada de decisões destinadas às atividades antrópicas e de prevenções ambientais. A disponibilidade de dados existentes sobre o meio físico ainda é pequena, a tecnologia conta com ferramentas direcionadas ao meio físico com capacidade de armazenar dados e informações para que possam ser manipulados e atualizados, não permitindo que sejam perdidos ao longo do tempo.

De acordo com (BORROUGH; MCDONNELL,1998), geoprocessamento refere-se à área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento das informações geográficas contribuindo com a Cartografia, Meio Ambiente, Análise de Recursos Naturais, Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG/GIS) permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível a automação e produção de documentos cartográficos, geoprocessamento é uma tecnologia formada pela confluência de outras tecnologias; Sistema de Posicionamento Global (GPS); Sensoriamento Remoto; Processamento Digital de Imagens (PDI); Cartografia Digital; Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD); Sistemas de Informações Geográficas (SIG), cada uma possui características que as singularizam, sendo, ainda, agrupadas entre as que permitem a aquisição de dados como, Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital e GPS, as que permitem a organização, o gerenciamento e a apresentação dos dados SGBD, Cartografia Digital e SIG) e as que permitem o processamento dos dados (PDI, SGBD e SIG). Algumas se enquadram em mais de um grupo devido às várias possibilidades de trabalho que permitem. Porém todas convergem no SIG.

Segundo SILVA (1999), o geoprocessamento é um conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informações do meio físico a partir de uma base de dados georreferenciada.

Para a gestão das bacias hidrográficas, o geoprocessamento configura-se como uma ferramenta fundamental permitindo o controle do meio físico, por meio do monitoramento por imagens de satélite, a ocorrência de assoreamento, desmatamento de matas ciliares, ocupações indevidas e outras aplicações potenciais.

Como salienta VAZ (1997), a análise espacial sempre foi utilizada pelo Planejamento Urbano e Regional como suporte para o estudo de processos e fenômenos inerentes à dinâmica e desenvolvimento das cidades.

Na visão de MAGALHÃES (2003), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma ferramenta fundamental, que tem forte impacto em todos os campos que gerenciam e analisam dados espacialmente distribuídos.

Para CAMARA e MEDEIROS, op cit (2001), no Brasil, o uso do geoprocessamento ocorre em 1982, por meio de softwares nacionais dentre eles o SITM/SIGI criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, na atualidade há diversos softwares gratuitos e proprietários com objetivo de processar dados geográficos.

A análise de uso da terra em bacias hidrográficas pode ser feita com a utilização do geoprocessamento. Ao possibilitar o armazenamento e gerenciamento de dados, com rapidez e precisão, permite a identificação de áreas degradadas ou propícias à degradação ambiental e a análise e avaliação de estratégias de recuperação de áreas impactadas (CÂMARA ; DAVIS, 2001).

2.5 Uso da Terra

No Brasil, as pesquisas pioneiras a respeito do uso da terra ocorreram entre 1930 e 1940, após esse período, o foco de pesquisa estava diretamente ligado à colonização e migração IBGE (2006). Na década 1960, o predomínio de pesquisas relacionam-se a padrões espaciais. Na década de 1970, registram-se os primeiros

trabalhos de classificação e dinâmica do uso da terra com o acadêmico uso de meios técnicos e procedimentos estatísticos na geografia. O projeto RADAMBRASIL foi o primeiro trabalho sistemático com o uso de sensoriamento remoto que consistia em uma ferramenta de interpretação de fenômenos em caráter nacional, teve ênfase na avaliação da capacidade média de uso da terra e da capacidade econômica de uso dos recursos naturais renováveis. Os estudos voltados ao reconhecimento de padrões de uso da terra iniciaram na década de 1980, com objetivo de apoiar estudos direcionados a paisagens, utilizando técnicas de sensoriamento remoto associados à utilização terminologias de classificação de tipologias de uso da terra.

Ao ponto de vista de HEYMANN (1994), quatro fatores são de extrema importância para o levantamento da cobertura da terra. São eles:

1. Escala de mapeamento, que é dada pela proporção entre a representação gráfica e a medida correspondente de sua dimensão real;
2. Natureza da informação básica;
3. Unidade de mapeamento e a definição da menor área a ser mapeada;
4. Nomenclatura.

Na visão de NOGUEIRA (2006), a escala de determinado mapa é vista pela relação constante que existe entre as distâncias lineares medidas do mapa e as distâncias lineares correspondentes medidas sobre o local.

Para CASTRO (1995), a escala é um fator de seleção e aproximação do terreno associados a significados técnicos e científicos. Os mapeamentos maiores, iguais ou menores a 1:50.000, relacionadas a intensidades de detalhamento atendem a problemas específicos do local analisado.

Os dados de imagens orbitais são fontes importantes de informações para a análise e, conseqüentemente, ao mapeamento do uso da terra, sendo de extrema importância salientar que tais imagens são insuficientes e não abrangem toda a realidade local, requerendo a agregação de dados exógenos de naturezas diversas durante a interpretação de uso da terra. A escolha do sensor está diretamente ligada ao objetivo do trabalho desejado. Sensores de fácil interpretação como o Landsat-TM, SPOT, HRV requerem equipamentos de alto desempenho para o processamento, porém são condizentes com o mapeamento do Uso da Terra.

A representação da diversidade de objetos que recobrem a superfície da terra é conhecida como unidade de mapeamento que pode ser definida por um único tipo de cobertura ou de uso da terra ou pela associação de vários tipos de componentes, cujos limites podem apresentar-se nítidos ou difusos entre si.

Ao se definir a unidade de mapeamento, é necessário considerar que a cobertura da terra ocorre sempre como uma combinação de superfícies com maior ou menor grau de homogeneidade, e que dentro do homogêneo existe heterogeneidade. HEYMANN (1994) recomenda que a estrutura da unidade de área necessita ser estável, assim pode servir como unidade para informações precisas e podem ser definidas como ferramenta conceitual para a análise da cobertura terrestre, prestando-se também para a leitura e organização dos dados dos sensores remotos.

Na visão de, NOGUEIRA (2006), a definição de unidade mínima de mapeamento, o tamanho da menor unidade de área mapeável está diretamente ligada a algumas premissas, sendo elas:

1. Legibilidade na escala do mapeamento;
2. Capacidade para representar as características essenciais do terreno;
3. Adequação da escala e aos propósitos do levantamento;
4. Relação entre os custos operacionais;
5. Fornecimento da desejada informação da cobertura terrestre;
6. Escala de compilação dos dados e a escala final de apresentação.

De acordo com o IBGE (2006), os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam relação entre si e costumam ser aplicados alternativamente. Em um contexto geral, as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial. Dados obtidos por meio de sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com a cobertura da terra podendo ser usados para mapear o tema. Em contra partida, como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo, as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura precisam ser interpretadas a partir de modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno.

Para que os dados obtidos de sensores remotos possam ser utilizados com eficiência, ao se conceber um sistema de classificação, é preciso observar alguns critérios, conforme os observados por ANDERSON et al. (1979):

1. Precisão mínima de 85% para interpretar e identificar as categorias da cobertura e do uso da terra, tendo os dados de sensores remotos como primeira fonte de dados;
 2. Repetição da precisão da interpretação para todas as categorias;
 3. Repetição de resultados de um sensor para outro e entre intérpretes;
 4. Possibilidade de aplicação a extensas áreas;
 5. Utilização de dados de sensores remotos capturados em diferentes épocas do ano;
1. Uso da vegetação e de outros tipos de cobertura da terra como substitutos da atividade;
 2. Identificação de subcategorias em escalas maiores, a partir de levantamentos de campo ou de sensores de maior resolução;
 3. Possibilidade de agregação de categorias;
 4. Possibilidade de comparação com dados de uso da terra obtidos posteriormente;
 5. Possibilidade de identificação de usos múltiplos da terra.

3.- ASPECTOS RELACIONADOS A PAISAGEM GUARULHENSE

3.1 Características Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha/Invernada

3.1.1 Localização

A Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu localiza-se, geograficamente, na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo nas coordenadas 23°27'46'' de latitude Sul e 46°31'58'' longitude Oeste. Sua área é de 319km². É cortada pelo trópico de Capricórnio aproximadamente no km 215 da Rodovia Presidente Dutra. Distante apenas 17 quilômetros da capital do Estado, compõe um dos municípios

da Região Metropolitana de São Paulo. Limita-se ao sul e a oeste com a capital; a nordeste, com o município de Santa Isabel; a leste, com Arujá; à sudeste com Itaquaquecetuba; a noroeste, com Mairiporã e a norte, com Nazaré Paulista.

A Bacia Higráfica do Córrego Cachoeirinha (BHCC) é uma sub-bacia da bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu (BHBG), unidade maior que apresenta área de 149Km², localizada em dois municípios da região da grande São Paulo. Ocupa 46,6% do território de Guarulhos. Em Árujá, abrange uma área de 19,5Km², correspondendo a 19,96% do município arujaense. Na Figura 1 observa-se a localização da BHC, a noroeste, do município de Guarulhos bem como os bairros que a compõe ANDRADE et al (2008), já a Figura 2 exhibe a localização da BHC por bairros.



Figura 1: Mapa da localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha (Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG).

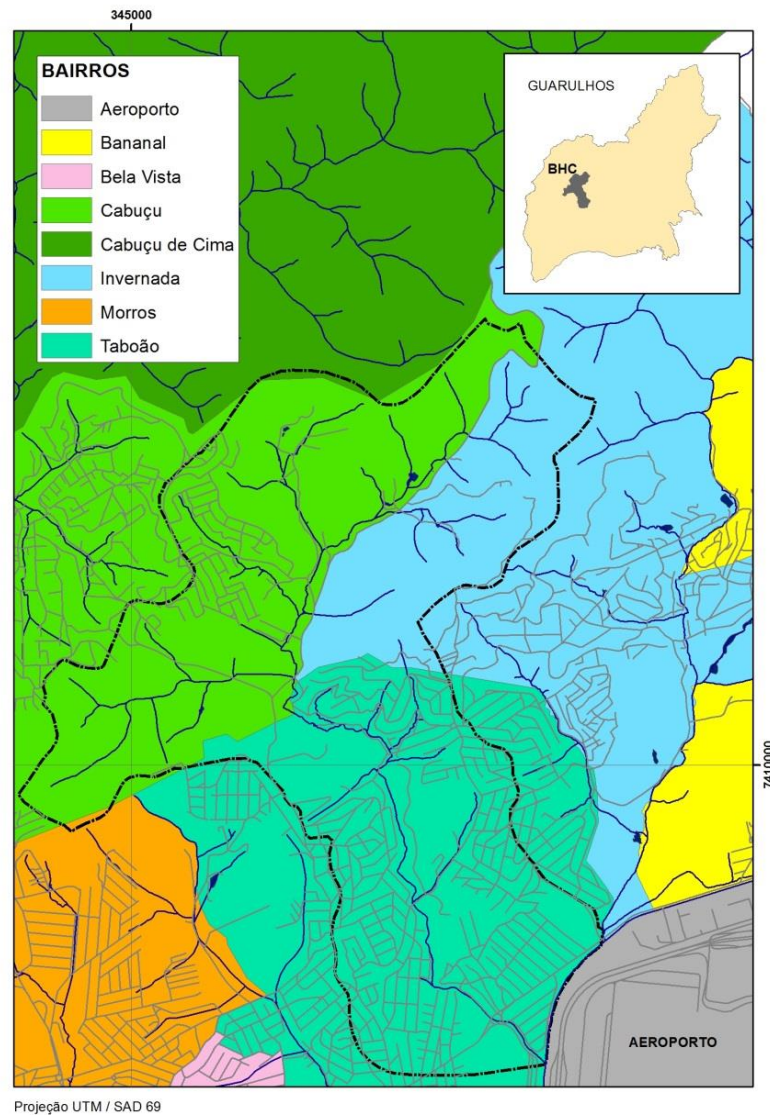


Figura 2: Mapa da localização da Bacia Hidrográfica do Cachoeirinha por Bairros (Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UNG).

3.1.2- Geologia

O Município de Guarulhos constituiu-se geologicamente por várias formações, sendo elas, os terrenos do embasamento cristalino do pré-cambriano, os terrenos sedimentares do Cenozóico, períodos Terciário e Quaternário e os sedimentos aluvionares do Quaternário.

Os terrenos cristalinos da região estão distribuídos na parte norte do território

com formação constituída por rochas magmáticas, como os dioritos e granitos, por rochas metamórficas, como exemplo os migmatitos, anfíbolitos, micaxistos, filitos, gnaisses e quartzitos, segundo JULIANI (1993).

Guarulhos engloba as unidades litológicas formadas por rochas metamórficas de idade proterozóica, pertencentes aos grupos Serra do Itaberaba/São Roque. Também podem ser evidenciados granitos e dioritos que resultam em suítes graníticas de idade neoproterozóica.

Os terrenos sedimentares do Terciário correspondem a bacia sedimentar de São Paulo compreendida como uma das unidades integrantes do denominado, Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), feição tectônica anterior designada Sistema de Rifts Continentais as Serra do Mar. De acordo com Riccomini e Coimbra (1992), são encontrados na região arenitos conglomeráticos, arenitos grossos, em menor quantidade arenitos com granulometria de médios a finos e argilitos, encaixados na Formação Resende. Na afirmação de BEDANI (2008), a idade dos terrenos é estimada como eocênica e oligocênica.

Os terrenos Quaternários correspondem aos alúvies dos fundos dos vales que estão em formação até a atualidade e relacionados, também, ao rio Baquirivu-Guaçu. Figura 3, exibe a ilustração tridimensional do embasamento cristalino do rio Baquirivu-Guaçu.

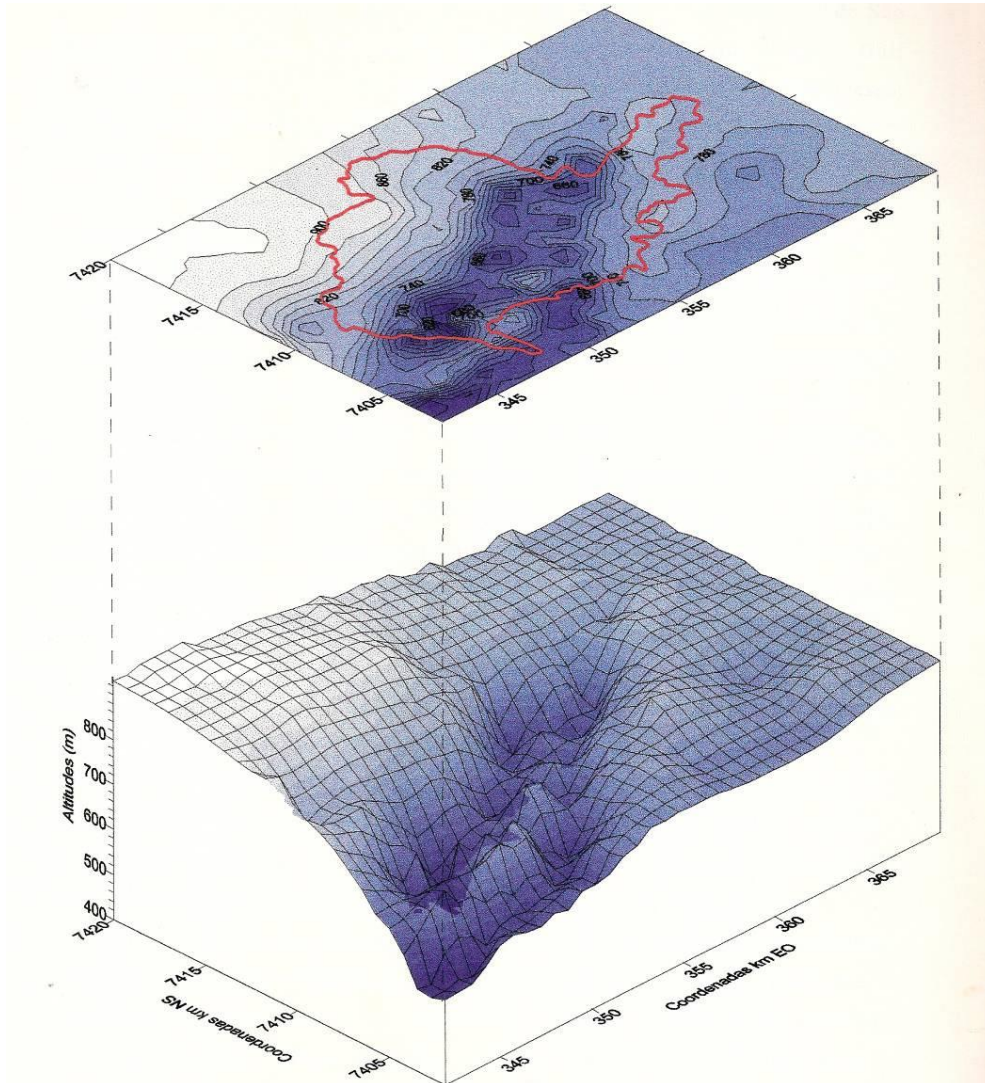


Figura 3: Ilustração tridimensional do embasamento cristalino do Baquirivu-Guaçu (DINIZ, 1996).

A sub-bacia do córrego Cachoeirinha é composta por terrenos cristalinos com rochas metavulcânicas e metassedimentares com corpo granitoide e ocorrência predominante de metassedimentos com destaque para os filitos. Na Figura 4, observa-se o mapa do Arcabouço Geológico da Bacia do Baquirivu-Guaçu.

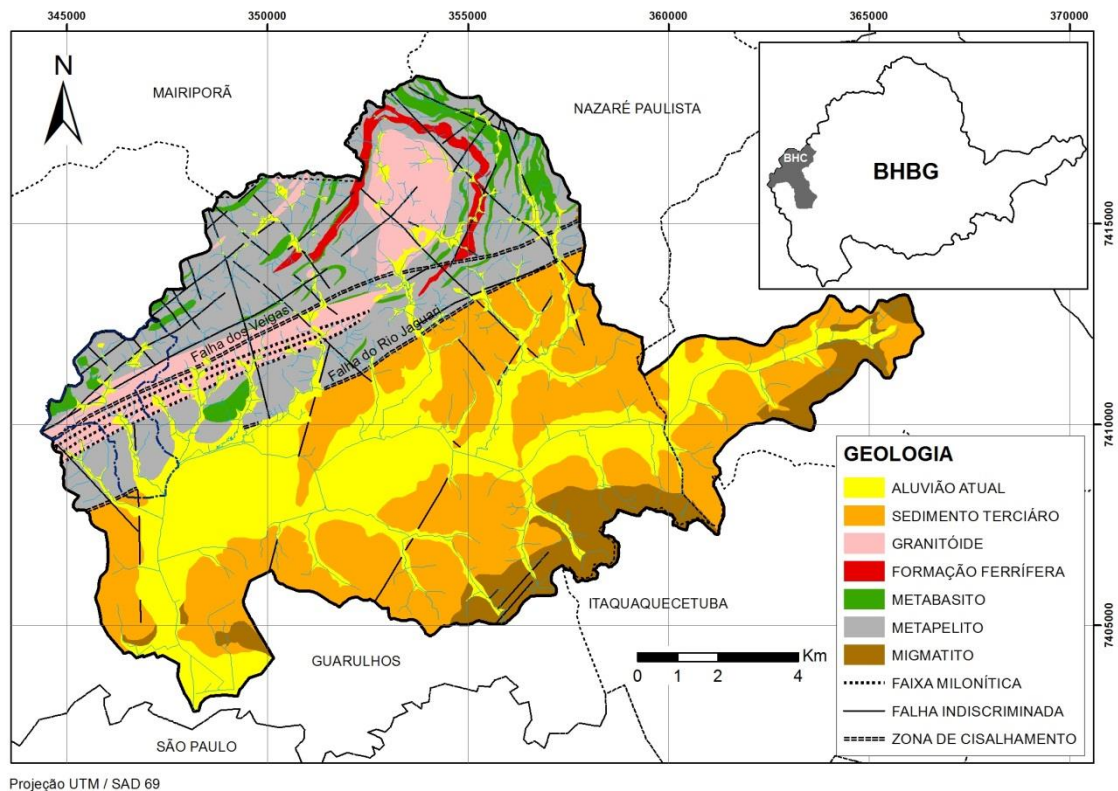


Figura 4: Mapa Geológico da BHBG (Campos, 2011 com base em OLIVEIRA et al., 2009 e DINIZ, 1996).

A Geologia da BHCC, em destaque a oeste da Figura 4, é composta principalmente por aluvião atual, metabasitos, granitoides, faixas miloníticas, zona de cisalhamento e metapelitos.

3.1.3 Geomorfologia

A Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu localiza-se sobre o Planalto Atlântico, envolvendo as subzonas do Planalto Paulistano e serra de São Roque, a norte, compondo uma das mais importantes unidades geomorfológicas do Brasil meridional, como pode ser observado no perfil geológico e geomorfológico do Estado de São Paulo na Figura 5.

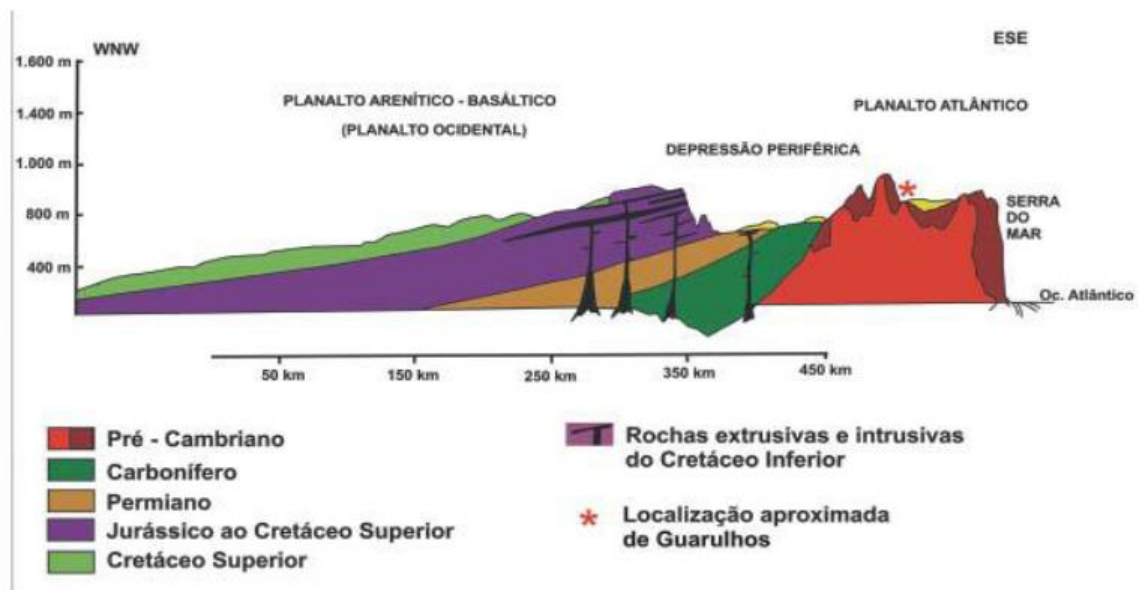


Figura 5: Perfil Geológico-Geomorfológico no Estado de São Paulo (modificado de AB' SABER, 1956, em Graça, 2007).

O ponto de maior altitude com 1.200 metros localiza-se na porção norte e noroeste do município. Nas regiões leste, sul e sudoeste, as altitudes não são muito superiores a 800 metros. De acordo com ANDRADE (1999), a bacia do Baquirivú-Guaçu é composta predominantemente por três compartimentos geomorfológicos; as Planícies aluvionares de sedimentos Quaternários ao sul, as colinas de sedimentos terciários na parte central, os morros e montanhas de rochas cristalinas Pré-Cambrianas ao norte, na Figura 6 observa-se o mapa Geomorfológico da BHBG.

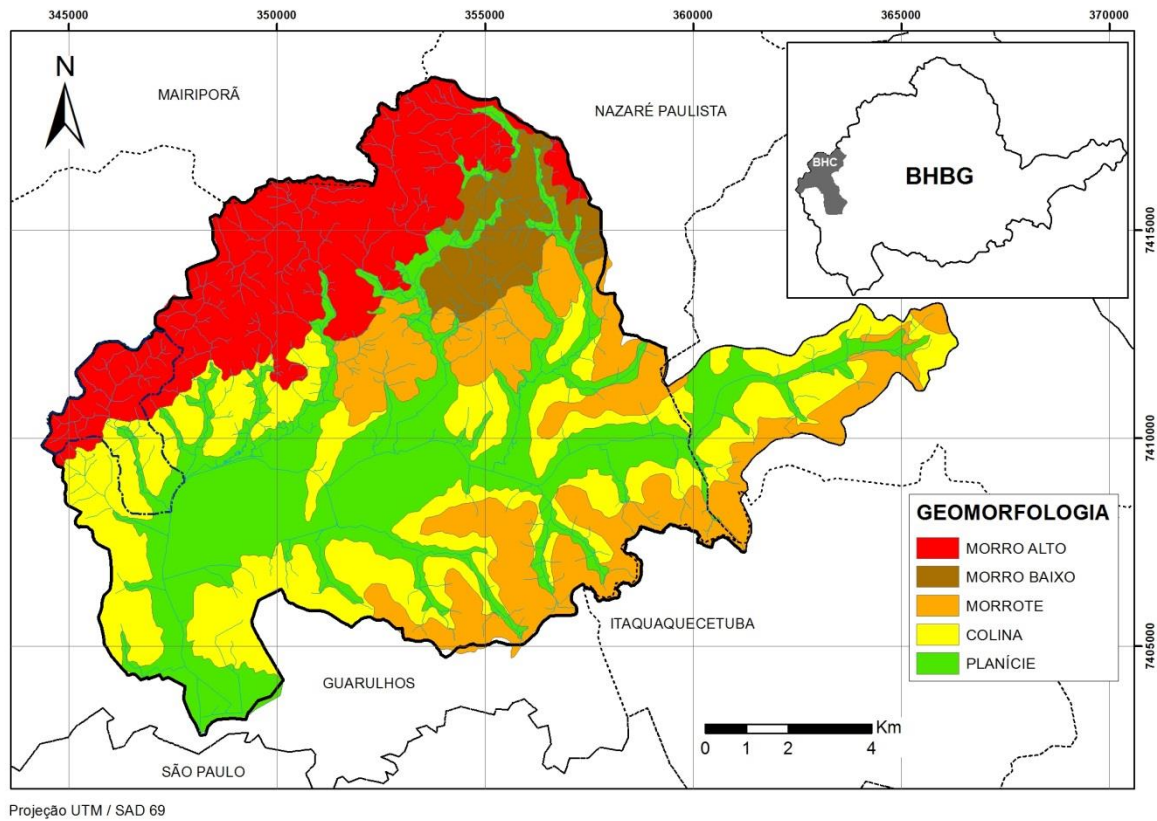


Figura 6: Mapa Geomorfológico da BHBG com base em (ANDRADE, 1999 e Diniz, 1996).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, destacado, à oeste da Figura 6, é composta geomorfologicamente a norte por morros altos, a sudoeste e sudeste, por colinas separadas por uma faixa da várzea do córrego cachoeirinha, classificada como uma planície que se estende da porção central a sudeste.

As modificações antrópicas ocorridas quanto ao uso e ocupação da terra, ocasionaram a necessidade de delimitar sistemas de relevo com base em critérios morfo-esculturais, baseados na geologia e morfologia, como pode ser observado na Quadro 2, exibe a classificação das principais formas de relevo encontradas em Guarulhos.

Unidade de relevo	Declividade predominante das encostas	Amplitudes topográficas
Planície aluvial	Declividades inferiores a 5%	Terrenos planos e baixos, com amplitudes inferiores a 10m.
Colinas	Predominam declividades até 30%	Até 40 metros
Morrotos	Predominam declividades até 30%	Até 40 metros
Morros Baixos	Predominam declividades até 45%	Amplitudes de 100m
Morros Altos	Predominam declividades acima de 45%	Predominam amplitudes até 150m
Serras	Predominam declividades superiores a 45%	Predominam amplitudes superiores a 300m

Quadro 2. Classificação morfológica do relevo de Guarulhos (Andrade ,2001).

A morfologia do município de Guarulhos, e especificamente da BHCC, apresenta declividade acentuada, comporta maiores espaços superficiais para o escoamento das águas, influenciando a velocidade do escoamento e conseqüentemente a energia potencial responsável pelo desenvolvimento dos processos erosivos. O formato desse relevo também influi na quantidade de água retida e infiltrada no subsolo.

3.1.4 Pedologia

De acordo com Rossi et al.(2008), os solos de Guarulhos são argilosos, com fertilidade baixa, classificados entre ácidos e excessivamente ácidos, com variada profundidade, com predomínio de solos pouco profundos nas vertentes mais declivosas. A Figura 7, mapa Pedológico da bacia do rio Baquirvu-Guaçu, indica para a Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, predominância de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLO AMARELO, CAMBISSOLO HÍPLICO e GLEISSOLO.

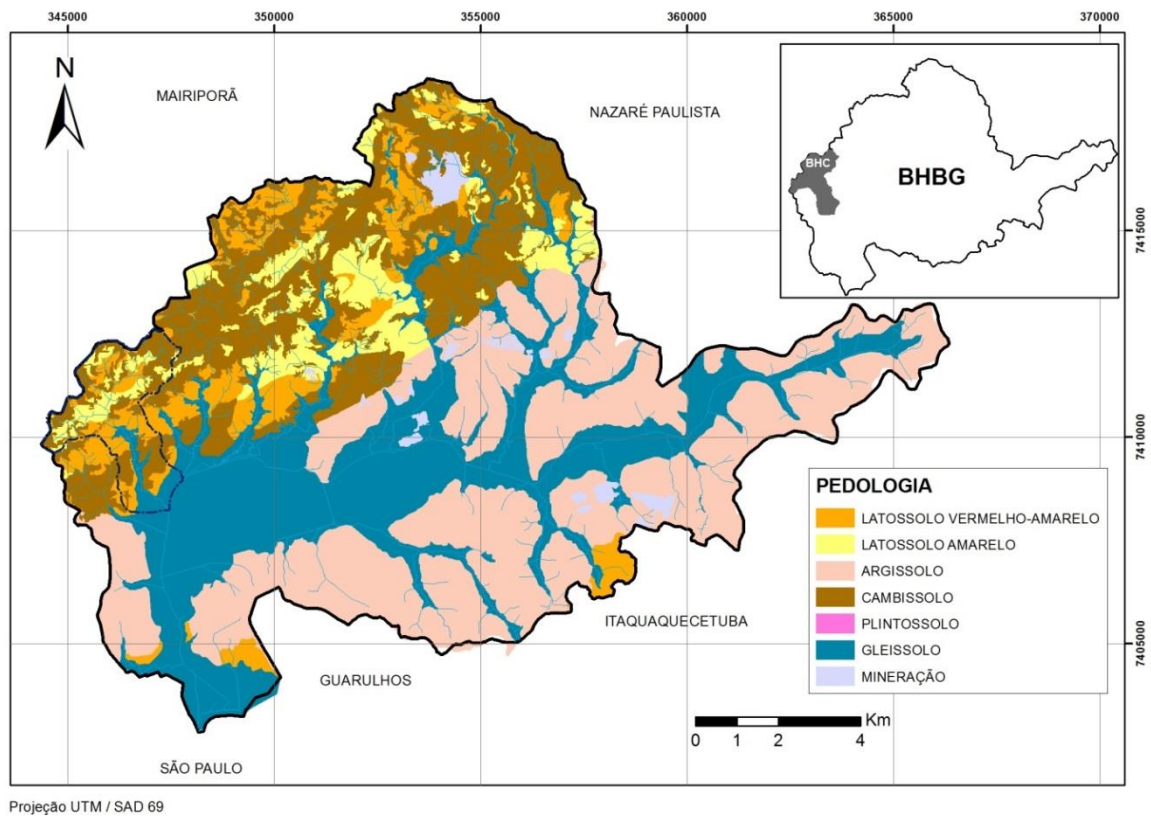


Figura 7: Mapa pedológico, em Guarulhos (ROSSI et al., 2008) e em Arujá extrapolado a partir das características geológicas e geomorfológicas.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS não têm forma definida em relevos montanhosos, apresentam ondulações associados ao CAMBRISSOLO HÍPLICOS, distrófico em relevo montanhoso e textura argilosa. A profundidade desses solos é variável de acordo com a declividade e tipos geológicos diversos, predominantemente apresentam profundidade de aproximadamente 1,5 metros.

Os solos estão diretamente associados a fatores naturais como o clima e o ecossistema, com destaque principal a Geologia, Relevo e Solos. As modificações das vertentes da região indicam principalmente coberturas argilosas um intenso intemperismo químico ao longo do Quaternário. Esses solos muito rasos são escassos e apresentam baixa fertilidade. Segundo ROSSI et al. (1997), esses solos apresentam teores elevados de alumínio. As interferências antrópicas e o aumento de áreas urbanizadas impactam significativamente esses solos rasos e frágeis que estão quase totalmente descapados.

3.1.5 Hidrografia

A Bacia do Rio Baquirivu-Guaçu, apresenta área de drenagem de 165,5 km², com área de abrangência nas cidades de Árujá e Guarulhos. Está localizada geograficamente a noroeste do município de São Paulo. Conta com uma rica rede de drenagem em sua margem direita, com desenvolvimento no sentido oeste – leste. Possui 24 afluentes diretos na margem direita, dentre eles, o córrego Cachoeirinha que compõe a sub-bacia do Cachoeirinha e 19 afluentes na margem esquerda da Bacia. A Figura 8 apresenta as principais bacias da margem direita da BHBG.

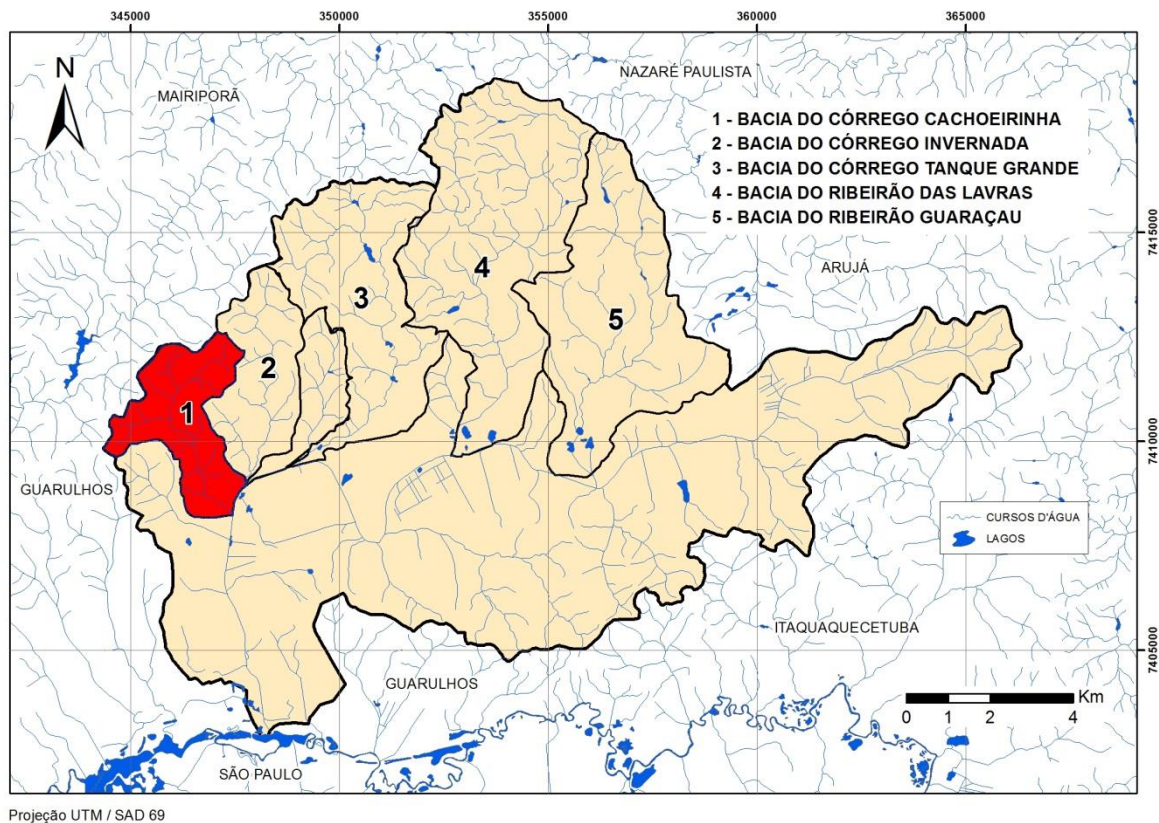


Figura 8: Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu demonstrando as principais Bacias da margem direita. (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG)

As nascentes dos principais afluentes do rio Baquirivu-Guaçu encontram-se na margem direita, a norte do Município de Guarulhos, em áreas de Unidades de conservação ambiental. Estes afluentes, de montante a jusante, são: Córrego do Pilar, em Arujá, Ribeirão Guaraçau e das Lavras e córregos Tanque Grande, Água Suja, Capão da Sombra, Cachoeirinha, Taboão e Sítio Alto, em Guarulhos. Pela

margem esquerda os córregos da Laranja Azeda, em Arujá, o Córrego Taboão localizado na divisa dos municípios e os córregos Ana Mendes, Fazenda Piratininga, Água Chata, Cocho Velho e Baquirivu Mirim em Guarulhos. Ao considerar o sentido montante-jusante, o desenvolvimento ocorreu paralelamente à rodovia Presidente Dutra com desembocadura no rio Tietê, em altitude de 719m na margem direita do reservatório da Penha. O talvegue do rio possui aproximadamente 25Km de extensão.

3.1.6 Qualidade da Água do Baquirivu-Guaçu

A água é a substância mais abundante da superfície terrestre e sua capacidade de fluir, diluir, misturar, promover reações físico-químicas, transportar e armazenar diferentes elementos e compostos nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo dos seres vivos torna-a o principal recurso natural em importância no planeta, na manutenção dos ecossistemas e atividades socioeconômicas.

A dinâmica da água no ciclo hidrológico encontra na superfície da litosfera sistemas de terrenos que se organizam em bacias hidrográficas de todas as ordens e dimensões. A água atmosférica atinge a superfície terrestre onde as condições geológicas, de solo e relevo permitem o escoamento da água nas vertentes e canais fluviais. Estes também, alimentados pela surgência em nascentes resultante da infiltração no solo, concentram-se ao longo dos diferentes percursos em direção ao canal principal da bacia.

A água da chuva, ao atingir o solo e escoar sobre ele, inicia um processo de dissolução e arraste que transporta material retirado do solo até os rios e reservatórios. As substâncias no meio aquoso sofrem processos de transporte por advecção, convecção, difusão molecular, difusão turbulenta, advecção diferenciada e dispersão, podendo também ocorrer processos de geração e extinção por meio de reações com outros constituintes ou com o próprio fluido EIGER (1991). Na natureza, as substâncias dissolvidas na água sofrem variação com a geologia local, vegetação, clima e ecossistema aquático (TCHOBANOGLIOUS; SCHOERDER, 1987).

A nascente do rio Baquirivu-Guaçu localiza-se a leste da área urbana do município de Arujá no bairro da Vila Ferreira, com altitude aproximada da cota 775m,

latitude $23^{\circ}23'13.80''$ Sul e longitude $46^{\circ}18'51.44''$ Oeste, A Figura 9 demonstra a localização da nascente.



Figura 9: Nascente a montante do Baquirivu Guaçu, Vila Ferreira, Arujá (Google Earth 2014).

A nascente do rio Baquirivu-Guaçu, sofreu modificações antrópicas com a implantação de um sistema de canalização de aproximadamente 50 metros de extensão. O objetivo da canalização tem como fator principal unir a água da nascente com o esgoto das diversas residências localizadas em seu entorno. Essa mistura de água da nascente e esgoto das residências é coletada por caixas de concreto, Figuras 10 e 11. Tal mistura é despejada a céu aberto proporcionando o primeiro contato que os seres vivos têm com água da BHBG atualmente.



Figura 10: Caixa de esgoto no ponto exato da nascente do Baquirivu. (Foto do autor)



Figura 11: Segunda caixa de esgoto na nascente do Baquirivu. (Foto do autor)

A consequência das modificações antrópicas ocorridas na nascente são observadas no final do sistema de canalização, a aproximadamente 100 metros da primeira caixa de concreto, nesse local, ocorre a liberação da mistura de água da nascente com esgoto doméstico, Figura 12, observa-se que a qualidade da água é

imprópria ao consumo humano, pois sua cor é turva, acompanhada de detritos oriundos de diversos locais, geralmente descartados por humanos.



Figura 12: Final do sistema de canalização da nascente a montante do Baquirivu. (Foto do autor).

A canalização da nascente gerou um novo espaço geográfico, deste modo, diversas residências ampliaram seus terrenos e outras edificações estão sendo construídas sobre o sistema de canalização, como pode ser observado na Figura 13.



Figura 13: Edificação sobre o sistema de canalização da nascente do Baquirivu-Guaçu (Foto do autor).

No centro de Arujá, o curso do rio Baquirivu-Guaçu se desenvolve em galeria fechada e traçado subterrâneo na avenida Amazonas, Figura 14. Na figura 15 observa-se o rio na década de 1970, portanto, antes da implantação do sistema de galerias da Avenida Amazonas em Arujá.



Figura 14: Rio Baquirivu após implantação do sistema de galeria fechada na Avenida Amazonas em Arujá (Google Earth 2014).



Figura 15: Rio Baquirivu antes da implantação do sistema de galeria na Avenida Amazonas em Arujá (acervo da Prefeitura Municipal de Arujá).

No trecho arujaense, um sistema de canalização em seção trapezoidal foi implantado, composto por revestimento em concreto e extensão de aproximadamente 4.700 metros, Figura 16.



Figura 16: Sistema de canalização de seção trapezoidal do Rio Baquirivu em Áruja (Foto do autor).

As pesquisas realizadas por, ROSA (2014) na Bacia Hidrográfica do Córrego Taquara do Reino, PORTO (2012) Bacia Hidrográfica do Córrego Capão do Sombra, LOPES (2013) Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande e por GOULART (2013) Bacia Hidrográfica do Baquirivu-Guaçu no município de Arujá, em unidades menores da BHBG, tais pesquisas analisaram a qualidade dos recursos hídricos por meio do IET (Índice de Estado Trófico). A análise e consequentemente a união dos resultados das pesquisas realizadas na BHBG, foram utilizadas, proporcionando um mapa de qualidade da água da BHBG com base no IET, Figura 17.

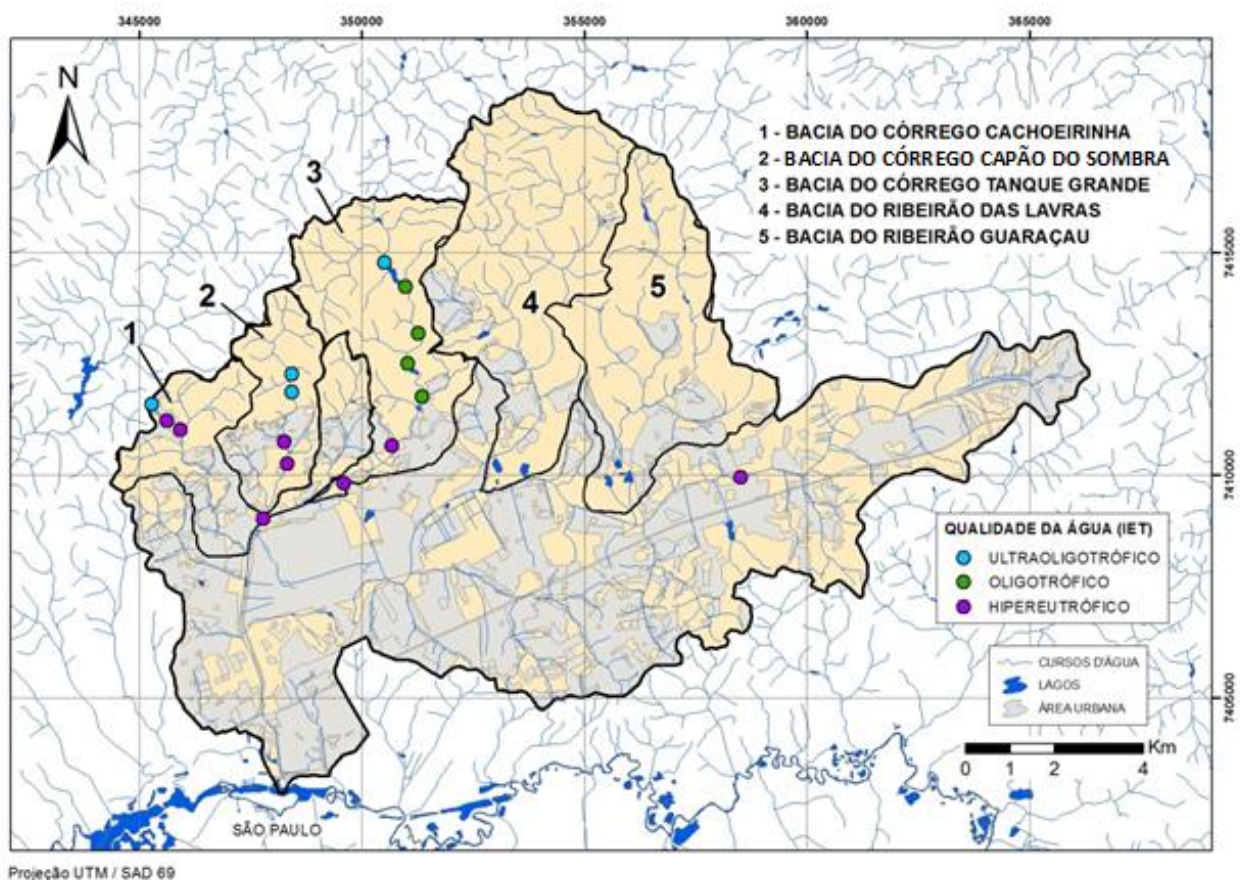


Figura 17: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu demonstrando os pontos Qualidade da água (IET). (Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG)

Eutrofizar significa nutrir (palavra que vem do Grego – “eu” – o que significa BOM, verdadeiro; “trophein” – nutrir). Assim, eutrófico significa “bem nutrido”. Trata-se de um processo normalmente de origem antrópica, caracterizado pela gradativa concentração de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos. Os nutrientes encontrados nos corpos d’água são fatores impactantes, contribuindo com

a crescente taxa de poluição das águas, provêm dos despejos de dejetos domésticos, fertilizantes agrícolas e efluentes industriais, propositalmente jogados ou percolados em direção aos cursos hídricos, ESTEVES (2011).

A eutrofização dos corpos d'água provoca entupimento dos sistemas de filtragem e deficiência nas etapas de decantação e floculação das estações de tratamento de água, confere gosto e odor às águas de abastecimento público, reduz o fluxo de entrada de água em usinas hidroelétricas, inviabiliza a navegação e impede o uso para recreação.

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, a partir da avaliação da qualidade da água de um determinado corpo hídrico quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou aumento da infestação de macrófitas aquáticas, conforme pode ser visto na Quadro 3, CETESB (2009).

Categorias (Estado Trófico)	Características
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, produtividade muito baixa e concentrações de nutrientes insignificantes. Não prejudicam os usos da água.
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, em níveis aceitáveis na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas.
Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento dos usos, associado a episódios de florações de algas e mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Quadro 3: Classificação de Estado Trófico de Rios, CETESB (2009).

Para a determinação do IET, utilizam-se três variáveis: *clorofila a*, *fósforo total* e *transparência*. O fósforo total age como contaminante causador da eutrofização enquanto a concentração de clorofila a revela o grau de eutrofização do recurso hídrico. É comum desprezarem-se os dados relativos ao nível de transparência da água, pois eles podem estar associados à turbidez gerada por material mineral em suspensão e não pela presença de organismos planctônicos, CETESB (2009).

O estudo feito por ROSA (2014), apresenta os resultados de qualidade da água obtidos na Bacia Hidrográfica do Córrego Taquara do Reino, unidade menor da BHBG, as análises de campo para os parâmetros pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), turbidez, bem os parâmetros fósforo total (Pt) e *E. coli* determinados em laboratório estão apresentados na Quadro 4, juntamente com o padrão de limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05, BRASIL (2005) para os corpos hídricos de classe 3.

Tabela 2: Valores das medidas físico-químicas e microbiológica das amostras de água em campo/laboratório e padrão CONAMA 357/05

Mês	Ponto	pH	T (°C)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (UNT)	Fósforo total (mgL ⁻¹)	E. coli (UFC 100mL ⁻¹)
05/13	1	6,5 ± 0,1	20,0 ± 0,1	199 ± 1	8,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,005 ± 0,000	1,0 ± 0,0
	2	7,7 ± 0,1	20,4 ± 0,2	339 ± 5	3,8 ± 0,3	97,3 ± 2,2	1,46 ± 0,16	(1,65 ± 0,21) x 10 ⁶
	3	7,8 ± 0,1	20,6 ± 0,0	461 ± 2	5,0 ± 0,1	69,9 ± 3,8	2,39 ± 0,13	(2,10 ± 0,14) x 10 ⁶
07/13	1	7,0 ± 0,1	19,3 ± 0,1	187 ± 1	7,5 ± 0,1	1,0 ± 0,0	0,005 ± 0,000	17 ± 2
	2	6,7 ± 0,1	16,8 ± 0,0	347 ± 2	7,6 ± 0,1	34,3 ± 1,2	0,751 ± 0,071	(6,05 ± 0,35) x 10 ⁶
	3	7,0 ± 0,1	16,1 ± 0,2	393 ± 11	6,7 ± 0,5	23,7 ± 0,6	1,04 ± 0,04	(4,55 ± 0,35) x 10 ⁶
09/13	1	6,5 ± 0,1	19,7 ± 0,1	179 ± 1	6,7 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,004 ± 0,000	Ausente
	2	7,6 ± 0,1	20,3 ± 0,1	304 ± 2	8,0 ± 0,1	41,7 ± 0,1	1,32 ± 0,11	(3,15 ± 0,21) x 10 ⁶
	3	7,8 ± 0,1	20,0 ± 0,0	364 ± 1	9,8 ± 0,4	43,2 ± 0,1	1,86 ± 0,13	(5,45 ± 0,35) x 10 ⁶
12/13	1	5,8 ± 0,0	20,2 ± 0,1	177 ± 1	4,4 ± 0,2	0,8 ± 0,0	0,005 ± 0,000	Ausente
	2	7,4 ± 0,1	21,9 ± 0,1	360 ± 2	2,3 ± 0,4	30,7 ± 0,3	1,14 ± 0,01	(6,50 ± 0,14) x 10 ⁴
	3	7,7 ± 0,1	22,9 ± 0,0	445 ± 1	1,3 ± 0,1	29,8 ± 0,2	1,84 ± 0,03	(1,30 ± 0,14) x 10 ⁶
02/14	1	6,0 ± 0,1	21,1 ± 0,1	183 ± 2	6,0 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,005 ± 0,000	Ausente
	2	7,5 ± 0,1	23,2 ± 0,1	345 ± 2	4,5 ± 0,5	34,7 ± 1,4	1,06 ± 0,01	(1,50 ± 0,28) x 10 ⁵
	3	7,7 ± 0,1	23,4 ± 0,2	457 ± 0	3,8 ± 0,5	86,7 ± 3,0	1,72 ± 0,04	(3,00 ± 0,28) x 10 ⁵
03/14	1	6,2 ± 0,0	20,4 ± 0,1	205 ± 1	7,8 ± 0,3	0,6 ± 0,1	0,011 ± 0,001	Ausente
	2	7,8 ± 0,1	21,3 ± 0,1	386 ± 1	1,7 ± 0,1	50,7 ± 3,4	1,49 ± 0,01	(5,05 ± 0,07) x 10 ⁵
	3	8,0 ± 0,1	21,4 ± 0,1	449 ± 1	2,1 ± 0,2	52,1 ± 2,1	2,00 ± 0,27	(2,15 ± 0,07) x 10 ⁶
CONAMA				Mínimo de	Máximo de	Máximo de	Máximo de	
357/2005		6 até 9	N.E.	N.E.	4 mg/L	Máximo de 100 UNT	0,15 mgL ⁻¹	Máximo de 2400 UFC
Classe 3								100mL ⁻¹

N.E. – não estabelecido

Quadro 4: Padrão de limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para os corpos hídricos de classe 3.

De acordo com os resultados de fósforo total obtido para os pontos 1, 2 e 3 para os três meses estudados, o IET(Pt) foi calculado e apresentou no ponto 1 um estado ultraoligotrófico, e para os demais pontos, 2 e 3, um estado hipereutrófico, conforme pode ser observado na Figura 18.

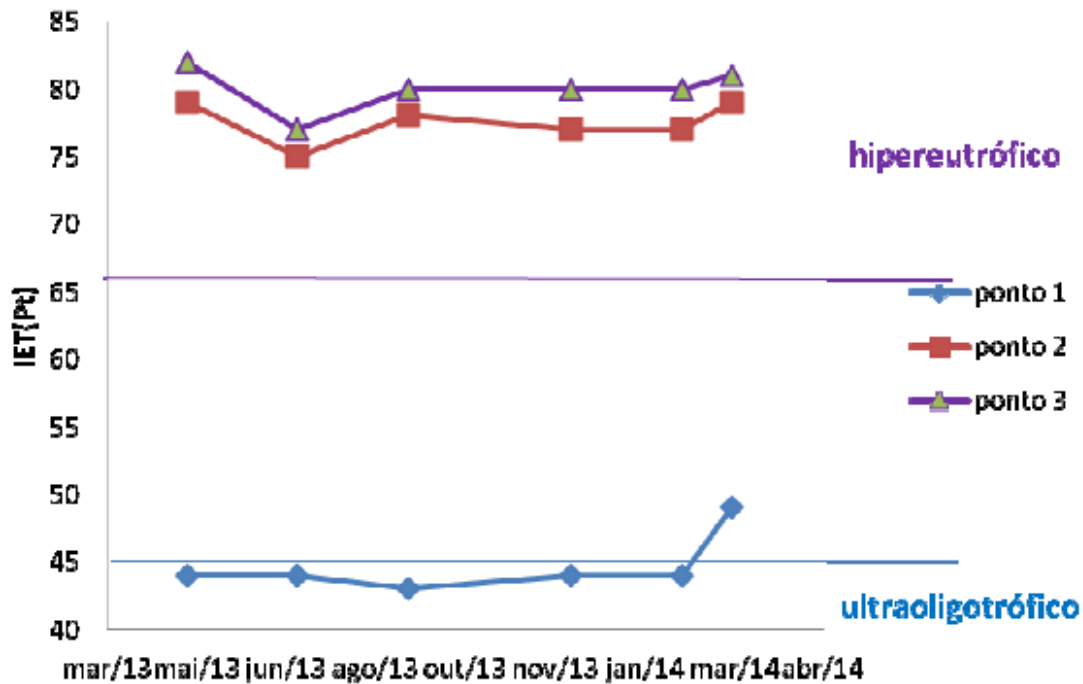


Figura 18: Estado trófico do córrego Taquara do Reino nos pontos 1, 2 e 3 de maio/13 a março/2014, (ROSA, 2014).

Os resultados demonstram que o Córrego Taquara do Reino parte de um ambiente naturalmente equilibrado, ponto 1, para um ambiente com alto estado de degradação do meio, pontos 2 e 3. Como a bacia hidrográfica apresenta grande declividade, a carga de fósforo é carregada para as partes mais baixas, chegando até o rio Baquirivu-Guaçu; o que demonstra notável influência do uso da terra.

A pesquisa feita por, PORTO (2012), apresenta porcentagens de contaminação por esgoto na sub-bacia Capão do Sombra, que é unidade menor da BHBG, o comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao comportamento dos pontos P4, P5 e P6 áreas urbanas podem ser vistos na Quadro 5.

Área em %	P ₁₋₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
Ocupação urbana de alta densidade	-	-	9,00	11,17	18,19
Ocupação urbana de media densidade	-	-	4,15	4,64	5,27
Ocupação urbana de baixa densidade	-	-	0,50	0,67	1,28
Total	-	-	13,65	16,48	24,74

Quadro 5: Áreas em % consideradas produtoras de esgoto em cada sub-bacia relativa aos pontos de monitoramento (PORTO,2012).

A Figura 19 demonstra a presença de esgoto doméstico, principal fonte de contaminação pelo *Clostridium perfringens*. Os altos valores só ocorrem nos pontos em que as sub-bacias correspondentes apresentam ocupação urbana.

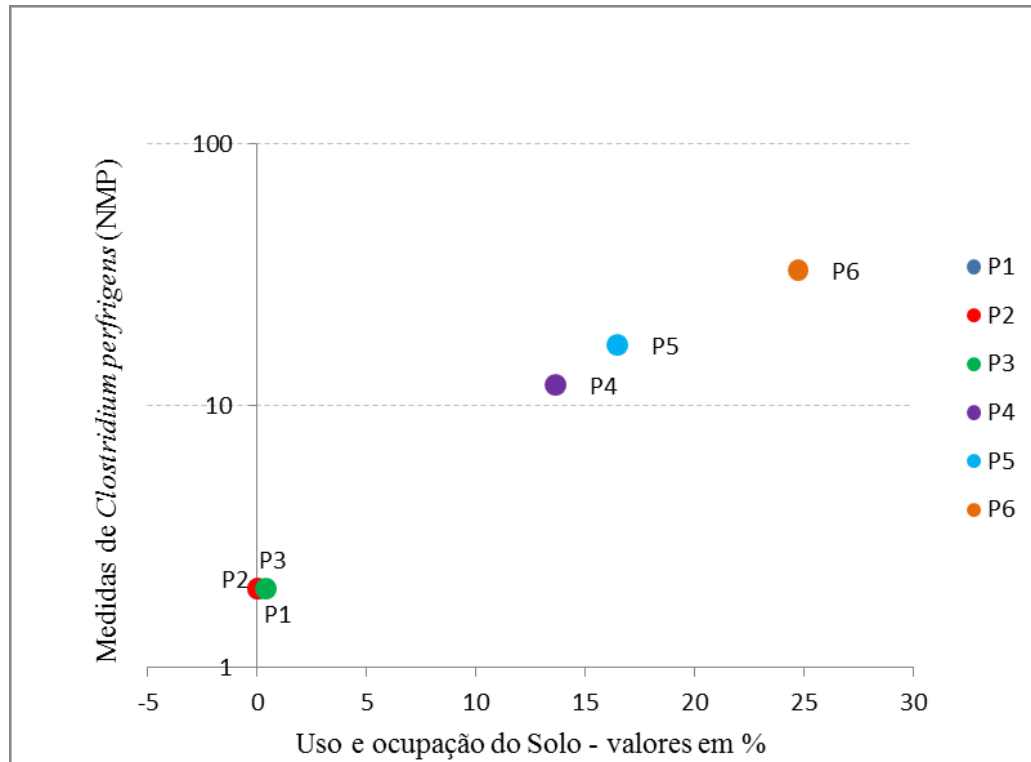


Figura 19: Correlação de medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011 (PORTO,2012).

O conjunto P4, P5 e P6 apresentados na Figura 20, contempla medidas mais elevadas, em geral superiores a 10 NMP, chegando a atingir o limite da análise que é de 1600 NMP. Em geral observa-se pequena tendência de valores crescentes de P4 a P5 e P6. Entretanto a existência de valores bem maiores de P4, P5 e P6 do que nos pontos P1, P2 e P3 evidenciam a influência do uso do solo e a contaminação por *Scherichia coli*, presente no esgoto doméstico.

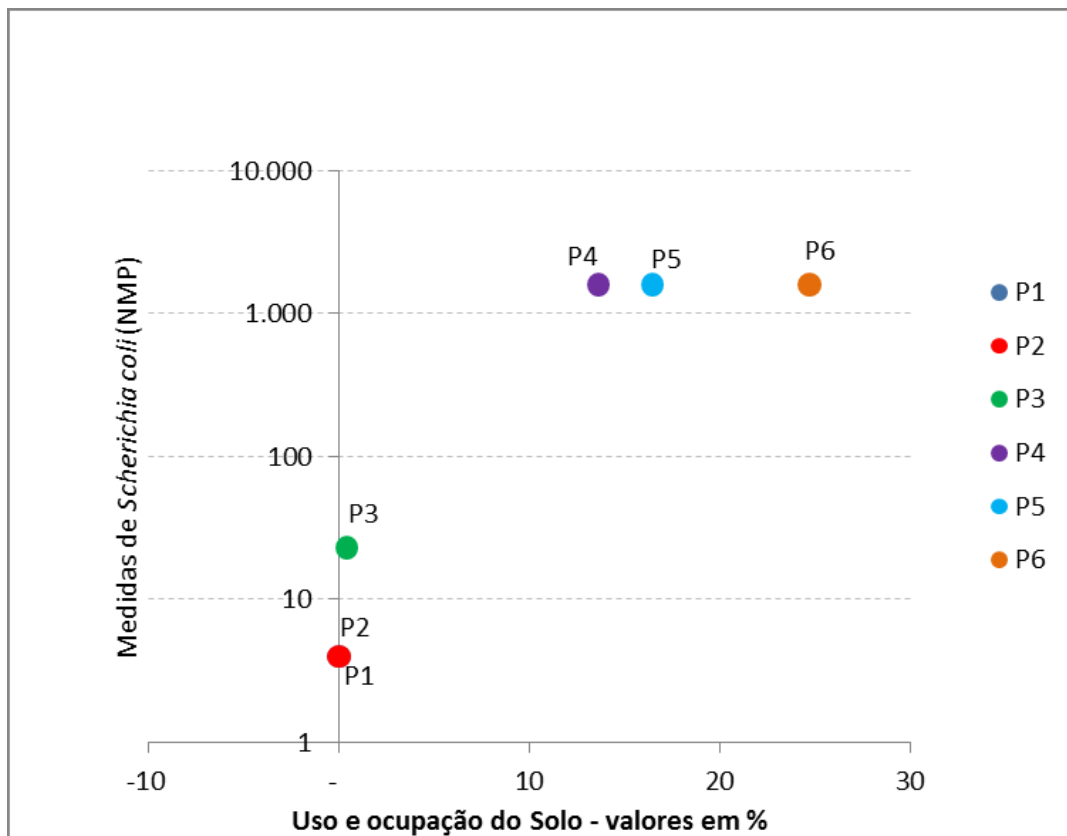


Figura 20: Correlação de medidas (NMP) de *Scherichia coli* com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011, (PORTO,2012).

A Figura 21 comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3, em relação aos pontos P4, P5 e P6, revelando a influência da presença do esgoto. Os baixos valores de *Streptococo sp* destacaram os pontos não afetados ou pouco afetados pela ocupação urbana, enquanto que os altos valores ocorreram nos pontos em que a bacia apresenta ocupação urbana. Este fato é coerente com a presença de esgoto doméstico que representa a principal fonte de contaminação pelo *Streptococo sp*.

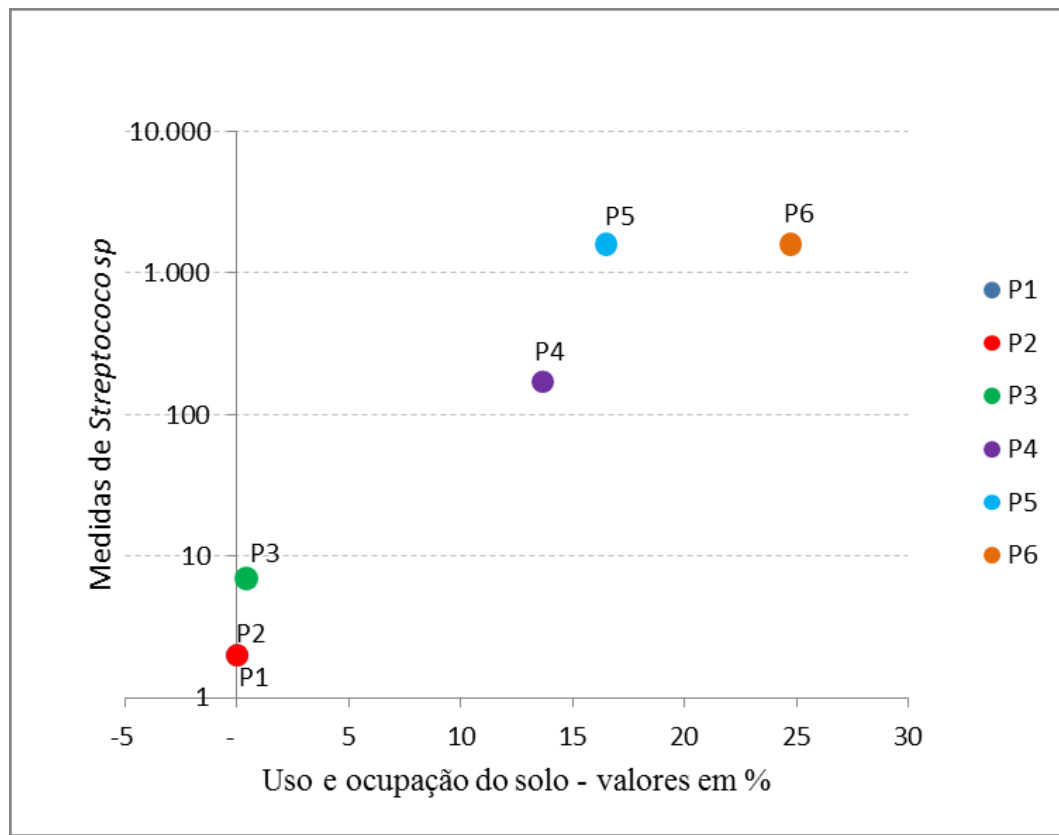


Figura 21: Correlação de medidas (NMP) de *Streptococo sp* com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011, (PORTO,2012).

A análise do gráfico da Figura 22 que correlaciona a medida de Fósforo total (mg/l) com o uso da terra, confirma o comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao conjunto P4, P5 e P6, revelando a influência desse uso. Os valores maiores apresentados no conjunto P4, P5 e P6 revelam a presença do Fósforo no esgoto doméstico, contido nos detergentes superfosfatados, empregados nas atividades de limpeza doméstica que constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas, em que o Fósforo está contido.

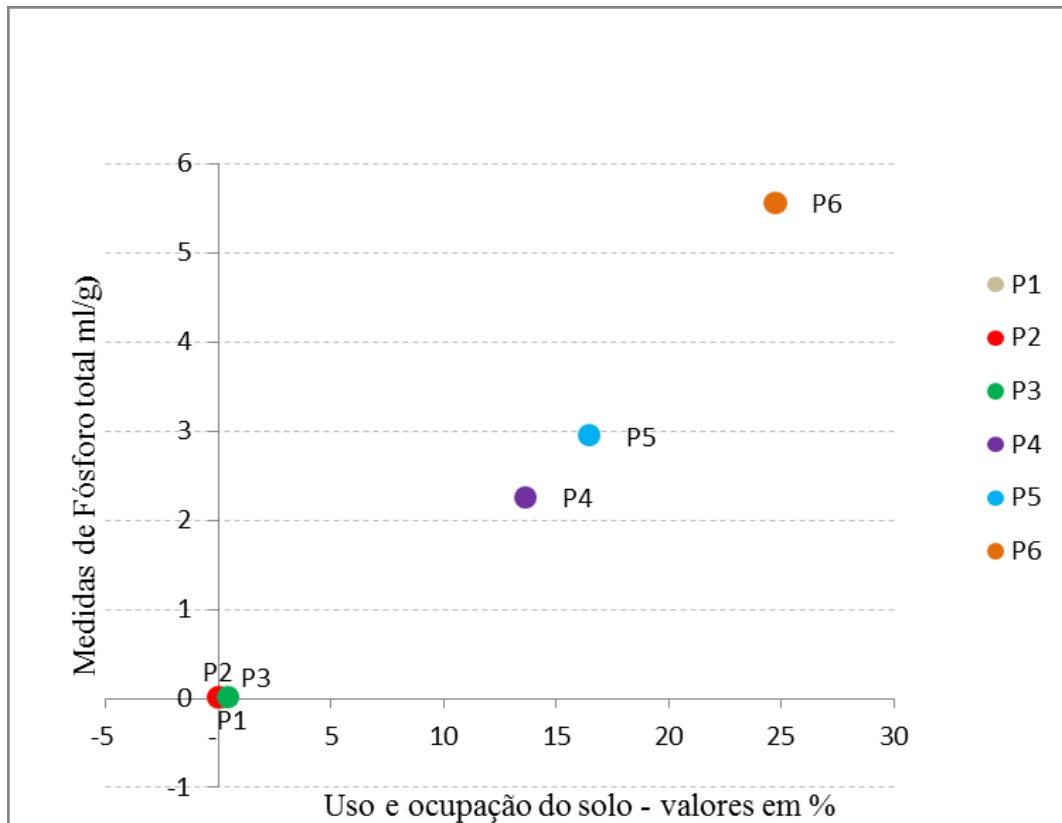


Figura 22: Correlação de medidas de Fósforo total (mg/l) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de setembro de 2011, (PORTO,2011).

Os resultados demonstram que em áreas de baixa densidade de ocupação rurais, a contaminação é reduzida, as classes produtoras de esgoto corresponderam às urbanas, com destaque para, as áreas de alta, média e baixa densidade a demonstração de comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao comportamento dos pontos P4, P5 e P6 áreas urbanas, revela a notável influência do uso da terra.

O estudo de LOPES (2013) apresenta os resultados obtidos das análises de Fósforo total (Pt) para cada um dos 6 pontos analisados da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, unidade menos da BHBG. Dessa forma, foi possível calcular o valor do IET para esses pontos, conforme pode ser observado na Quadro 6.

MÊS PONTO	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
1	43	42	48	42	42	44	43	42	43	43	43	43	43	2
2	54	54	52	49	42	47	45	45	47	46	45	45	48	4
3	42	44	43	45	42	42	42	42	43	43	44	44	43	1
4	62	67	67	59	42	42	48	42	50	50	50	50	53	9
5	76	78	78	69	65	58	64	67	68	68	68	68	69	6
6	76	78	77	67	62	58	65	67	67	68	69	69	69	6

Quadro 6: Valores de IET obtidos durante o período de tempo analisado, (LOPES,2013).

Os dados constantes em relatório técnico da CETESB (2012), referente ao Reservatório Tanque Grande, ano – base 2011, mostraram os seguintes resultados para o Fósforo total e Clorofila a:

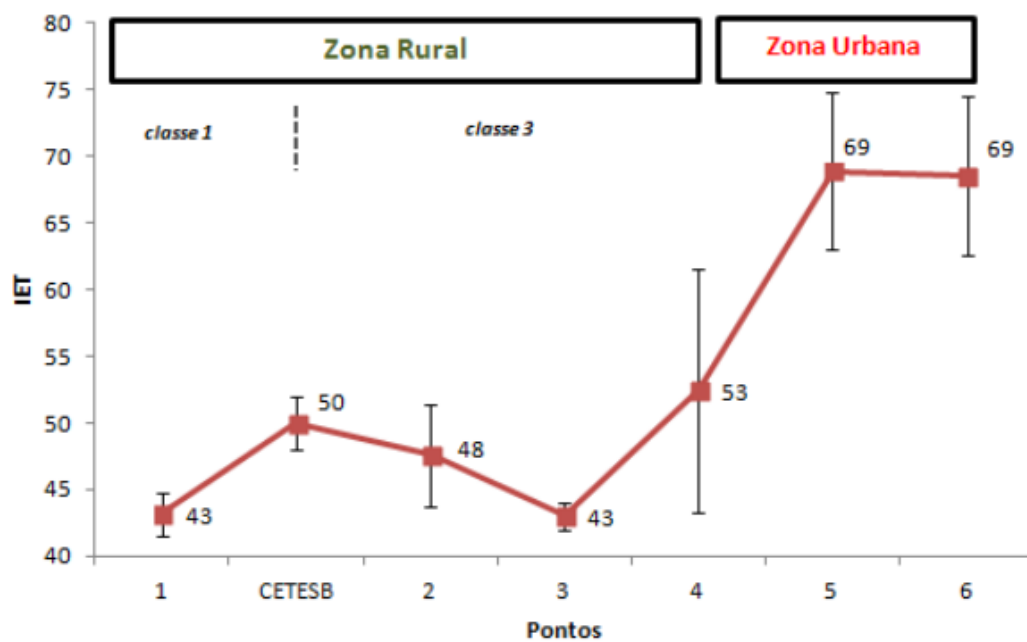


Figura 23: Valores médios do IET ao longo do trecho analisado do Ribeirão Tanque Grande, (LOPES,2013).

A análise do gráfico exibido na Figura 23 demonstra que, a partir do ponto 1 a montante do Reservatório Tanque Grande até o ponto 6 exutório, próximo ao Rio Baquirivu-Guaçu, ocorre um aumento das condições da eutrofização ao passar do estágio ultraoligotrófico a hipereutrófico, conforme classificação do IET, CETESB (2009), expressa no Quadro 7.

IET – Índice de Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Quadro 7: Classificação do Índice de Estado Trófico (IET), (CETESB, 2009).

O ponto de número 4 é exatamente onde ocorre a passagem da zona rural para a urbana e verificam-se condições de mesotrofia, associada à presença de *E. coli*. A degradação do corpo aquoso é evidenciada em direção aos pontos 5 e 6, como acima mencionado, corroborada pela presença de *E. coli*, concluindo assim que as áreas urbanas revelam a notável influência do uso da terra.

O estudo feito por GOULART (2013) apresenta os resultados de análise da qualidade da água obtidos no município de Arujá, os valores do Índice de Estado Trófico (IET) de 1996 a 2012 para o ponto BQGU 03200, no qual o parâmetro fósforo total é considerado na Figura 24.

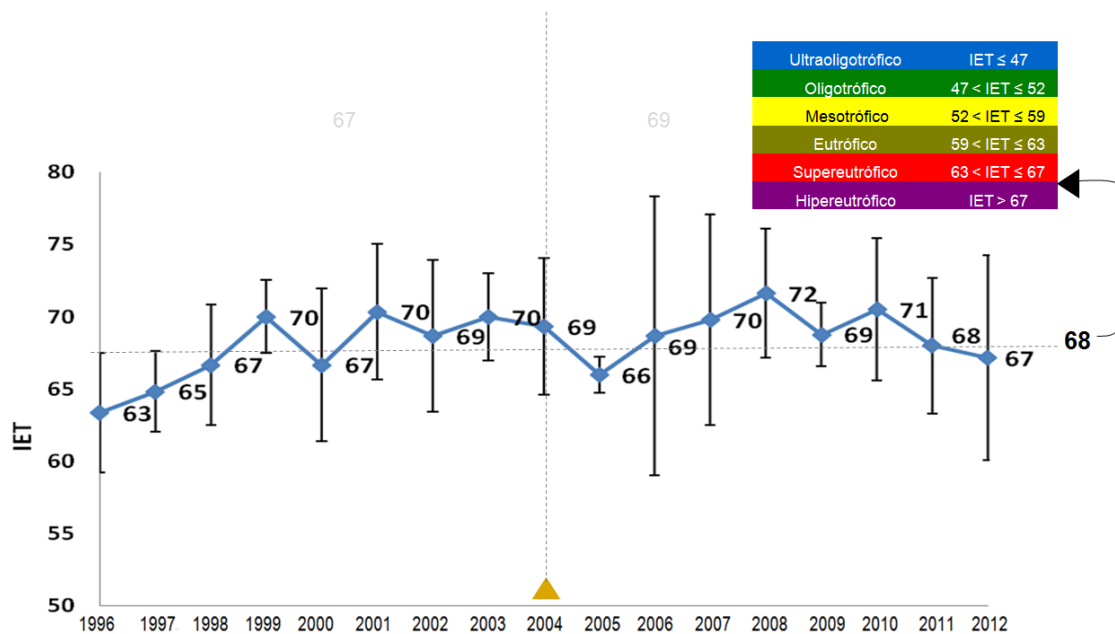


Figura 24: Valores médios de IET no rio Baquirivu-Guaçu (BQGU 03200) a jusante da ETE – Arujá, Goulart (2013).

Os valores médios de IET demonstram que se trata de um rio com classificação entre supereutrófico a hipereutrófico, com base em análise comparativa e mais detalhada dos valores do IET presentes no ponto BQGU03200, em gráfico boxplot de 1996 até 2003 e entre 2005 a 2012, Figura 25.

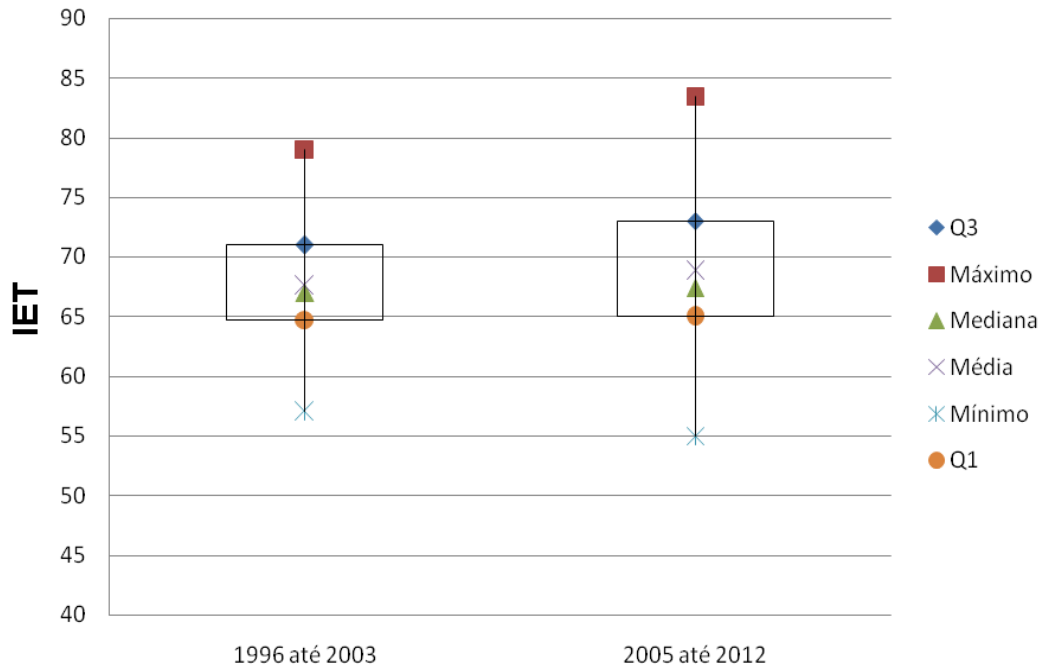


Figura 25: Análise dos valores do IET em gráfico boxplot antes (1996 até 2003) e após (2005 até 2012) a implantação da ETE Arujá, (Goulart,2013).

Os resultados de todas as pesquisas realizadas na BHBG demonstram que em áreas com cobertura vegetal a qualidade da água encontra-se em estado Ultraoligotrófico, localizados a jusante das bacias, em locais que apresentam processo de urbanização com baixa a média intensidade as análises demonstram estado Oligotrófico e em locais com processo de urbanização consolidado em geral com intensidade alta e muito alta os resultados apresentam estado Hipereutrófico, o que torna evidente que o processo de uso e ocupação da terra está diretamente ligado ao estado de qualidade da água.

3.1.7 Meio biótico

Guarulhos compõe um dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), segundo o, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A vegetação nativa é composta por Mata Atlântica, obtendo como formações florestais principais a Floresta Ombrófila Densa, Mista ou Aberta, Floresta Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, a grande biodiversidade existente na Mata Atlântica está diretamente ligada às condições de proximidade da costa litorânea, relevo tipos de solo, regime pluviométrico e condições climáticas responsáveis pela evolução desse rico complexo biótico que contém altos índices de endemismo conforme ARAÚJO et al. (2007).

Os remanescentes de Mata Atlântica cobrem aproximadamente 33% do território de Guarulhos, dentre a diversidade existente destacam-se, o domínio de Florestas ombrófila Densa – Formação Montana ao longo da Serra da Cantareira nas porções norte e nordeste de Guarulhos, SANTOS (2013). Na Figura 26 observa-se a vegetação existente no município de Guarulhos.

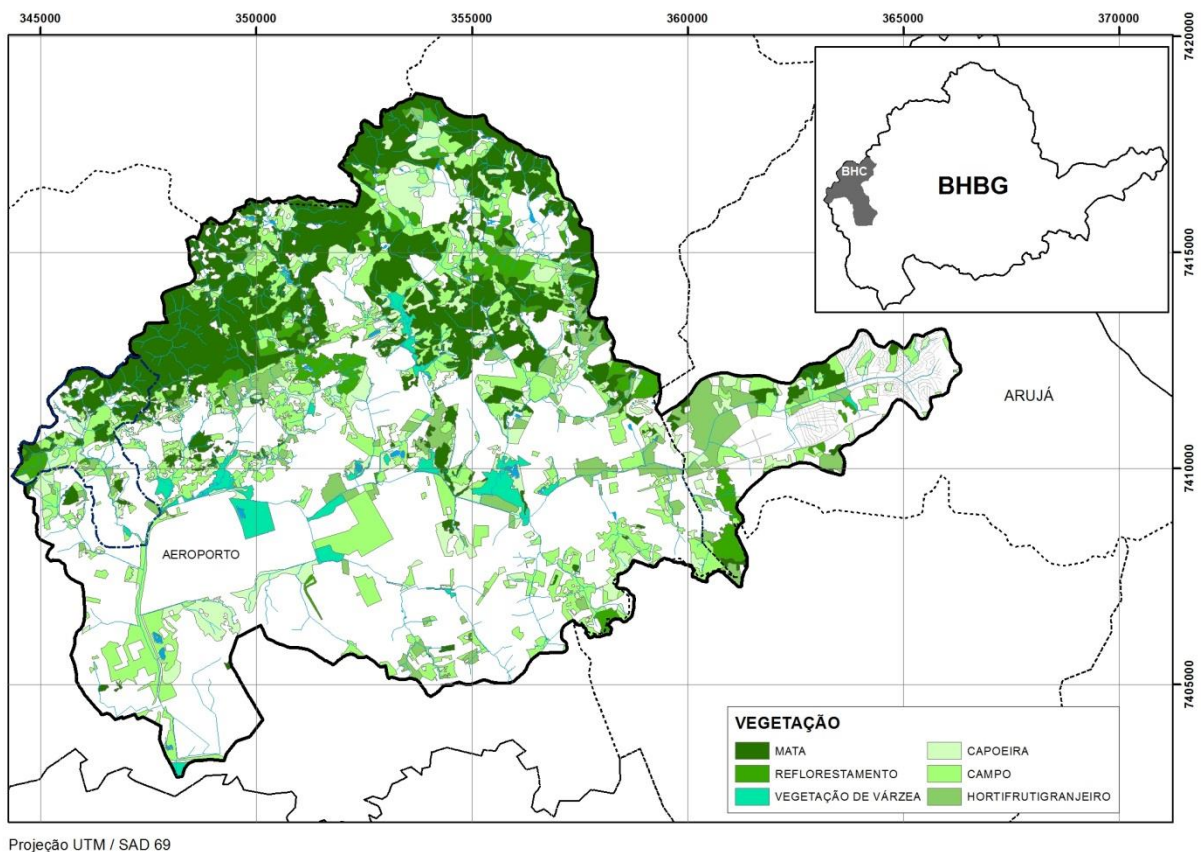


Figura 26: Mapa da vegetação do Município de Guarulhos, (fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNG)

Em seu território, Guarulhos abriga áreas conservadas, o Núcleo Cabuçu com aproximadamente 2.550 hectares compõe parte do Parque Estadual da Cantareira, área de proteção importante para remanescentes de Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica. Uma parte da APA da várzea do Tietê está localizada no município e exerce função importante ao contribuir na regulação das cheias e minimizando as enchentes em áreas urbanas próximas ao rio Tietê.

Na BHC, são encontradas vegetações de Mata a nordeste, reflorestamento, a noroeste, capoeira, na parte centro-oeste, campo, na parte norte-nordeste e hortifrutigranjeiro, em uma pequena porção do centro-sul.

3.1.8 Meio Socioeconômico

Guarulhos é o segundo município mais populoso do Estado de São Paulo. Segundo o relatório do IBGE do Censo demográfico de 2010, a população é de 1.222.357 habitantes distribuídos em 595.403 homens, compondo 48,7% e 626.954 mulheres 51,3% da população. Com base no relatório, essa população está localizada 100% em áreas urbanas. As taxas de crescimento do município são superiores a da RMSP e do Estado de São Paulo. A taxa de crescimento apurada em comparação com o censo de 1991 e 2010 foi de 3,52%, IBGE (2010). O incremento da construção grandes condomínios e edifícios é um dos fatores que contribuem para o aumento populacional.

De acordo com SAAD et al. (2007) na região norte do município, composta por zonas rurais, são encontradas áreas de proteção de mananciais, decretadas por meio da Lei Estadual nº 1.172/76 em uma área que totaliza 99Km² compondo 31% do território municipal.

A cidade de Guarulhos possui uma das maiores economias do Estado de São Paulo, segundo dados do IBGE (2010). O município ocupa a 2ª posição no ranking de maior PIB do Estado de São Paulo, perdendo apenas para a capital paulista. Em comparação com o Brasil ocupa a 8ª posição com um PIB total de 37,1 bilhões de Reais. A cidade conta com 2.890 indústrias, 11.835 estabelecimentos comerciais, 6.662 empresas portadoras de serviços e 54 unidades produtivas de meio rural SANTOS (2013). Em população, é a maior cidade não capital do Brasil. Segundo dados do Censo 2010, o município conta com 1.221.979 habitantes, IBGE

(2010).

O processo de expansão urbana é acompanhado por diversos problemas de degradação ambiental e de planejamento, o que acarreta cada vez mais problemas geoambientais intensos atuando diretamente nos recursos hídricos e em locais com fragilidade natural a contaminações e modificações ambientais antrópicas ANDRADE (2008).

Esse território passou por um processo de transição intenso devido ao acesso a rodovias importantes, sobretudo Fernão Dias, Presidente Dutra e Ayrton Senna. Após a implantação do Aeroporto Internacional, em 1985, ocorre uma migração de empresas que geram como consequência a modificação do sistema predominantemente industrial para o sistema de serviços. Devido à posição geográfica privilegiada, na atualidade, o município está entre os que mais atraem investimentos em todo o país, dentre eles o turismo de negócios que motivou a construção de diversos hotéis de grandes cadeias internacionais. Esses fatores justificam o aumento populacional ocorrido nas últimas décadas e o atual processo de expansão urbana, a Figura 27 demonstra a distribuição demográfica nos bairros da cidade.

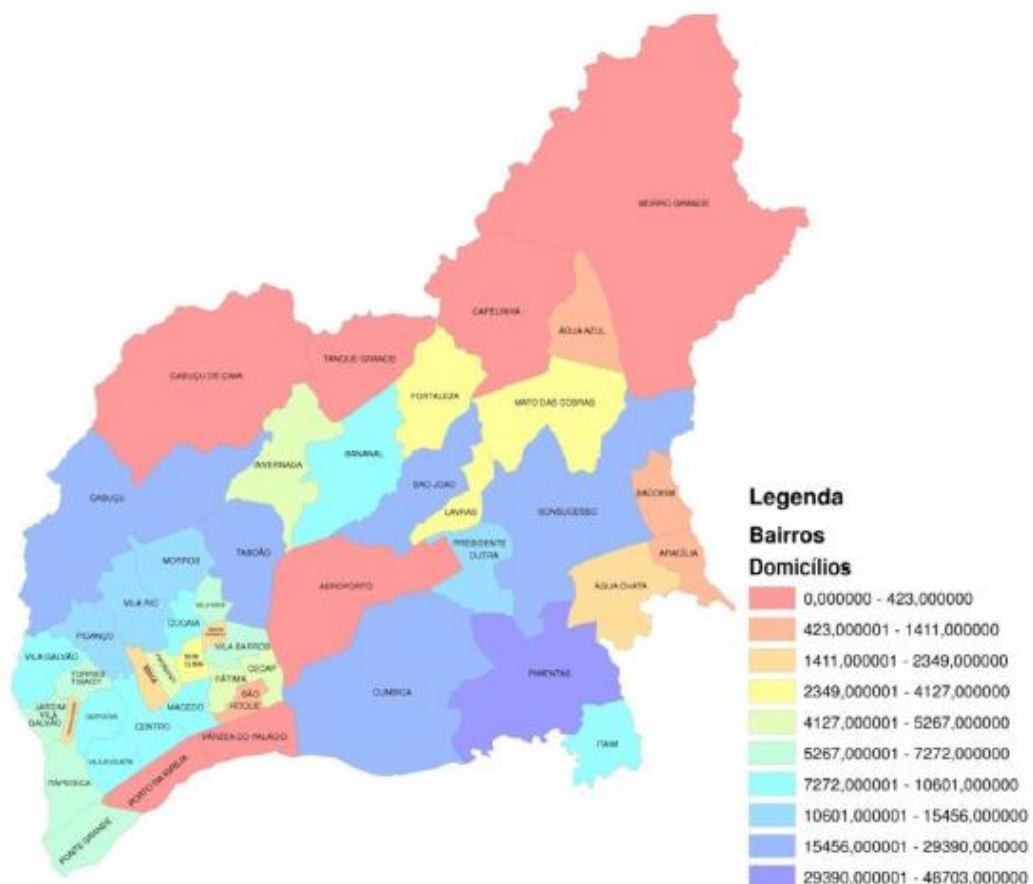


Figura 27: Guarulhos – População estimada por bairros.(Fonte: IBGE – CENSO 2010).

A população da BHC está distribuída a norte, bairro Cabuçu de Cima com baixa população. No centro-sul, a população é alta nos bairros do Cabuçu e Invernada.

4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

4.1 Materiais

Os materiais, equipamentos e aplicativos utilizados na pesquisa foram fornecidos pelo laboratório de geoprocessamento do curso de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos, sendo eles:

1. base cartográfica digital das folhas topográficas do levantamento sistemático da EMPLASA (recobrimento 1981, última atualização 1992) na escala 1:10.000 em formato matricial;
2. base cartográfica digital GISAT. Base única composta pela articulação das folhas topográficas do levantamento sistemático do IBGE na escala 1:50.000 em formato vetorial;
3. imagem do satélite Ikonos do ano de 2007 composta pela banda pancromática, na forma digital em formato matricial;
4. software de geoprocessamento ArcGIS (versão de licença Arcinfo com extensões 3-D Analyst e Spatial Analyst);
5. Google Earth, aplicativo disponível na web (versão livre);
6. GPS Garmin Etrex de navegação.

4.2 Métodos

Os métodos e procedimentos aplicados foram os seguintes:

Montagem do banco de dados espaciais

O banco de dados espaciais foi confeccionado pela reunião das bases cartográficas digitais e pela imagem de satélite, sistematizada em ambiente de geoprocessamento, utilizando o aplicativo ArcGIS.

Os parâmetros cartográficos foram baseados na projeção UTM (fuso 23 Sul) sobre datum SIRGAS 2000.

O banco de dados ficou composto pela união de uma base cartográfica (cartas topográficas), uma base de imagem de satélite (ikonos) e uma base temática (uso da terra).

Delimitação e caracterização morfométrica

A delimitação da área da bacia foi efetuada por meio do método de demarcação das linhas de cumieira. Esta etapa foi efetuada obedecendo como parâmetro a interpretação das curvas de nível da base cartográfica da EMPLASA em escala 1:10.000. Os procedimentos metodológicos utilizados foram delimitados com base em (Coelho Netto; Avelar, 1996).

Os parâmetros morfométricos considerados para a bacia foram a área, perímetro, comprimento, neste item foi seguido o eixo maior, o índice de circularidade, extensão total dos canais, densidade de drenagem, amplitude, altimetria, declividade média da bacia e do canal principal, os parâmetros metodológicos utilizados estão de acordo com os apresentados por Cristofolletti (1980).

Os cálculos dos parâmetros morfométricos foram obtidos por meio de funções e procedimentos técnicos diretamente realizados no banco de dados do SIG (Sistema de informações geográficas), em especial com o uso das extensões XTOOLS e 3-D ANALIST.

Mapemamento do uso da terra

O mapeamento de uso da terra foi realizado em três etapas. A primeira refere-se à interpretação e reconhecimento dos padrões homogêneos da cobertura terrestre, a segunda etapa foi definida uma chave de classificação, a terceira fase corresponde ao mapeamento por meio da digitação e identificação dos polígonos sobre a base imagem do banco de dados espaciais.

A etapa de fotointerpretação teve por base a identificação de aspectos visuais dos objetos permitindo o reconhecimento e identificação. Foram considerados parâmetros como cor, textura, geometria, tamanho, orientação e distribuição espacial.

A partir do reconhecimento dos objetos, a etapa de classificação foi realizada com base na composição dos objetos e pela função no espaço, sendo adotada uma subdivisão hierárquica. As áreas urbanas, com destaque, foram avaliadas quanto ao padrão da ocupação por meio dos parâmetros relativos à densidade de ocupação (quantidade de lotes por unidade de área), ordenamento (disposição de ruas, quadras e lotes) e estágio de ocupação nível de consolidação), conforme critérios apontados por TOMINAGA et al. (2004;2005).

O mapeamento a partir da digitação sobre o banco digital foi construído por meio do módulo de edição de polígonos. Considerando a escala do projeto (1:10.000), os polígonos mínimos foram definidos como uma dimensão de 50 x 50 metros (5x5mm), adotando-se o critério definido pelo IBGE (2006).

Foram efetuadas observações de campo para fundamentar o mapeamento, sendo utilizado um equipamento GPS (Sistema de Posicionamento Global) para cadastro de pontos observados. Para o mapeamento das favelas foram usados dados da Prefeitura Municipal de Guarulhos, em formato CAD.

O sistema de classificação apresentado no Quadro 8 norteou o desenvolvimento do mapeamento e a elaboração do banco de dados espaciais no SIG.

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
1. Áreas Urbanas ou Edificadas	1.1 Residencial/Comercial/Serviços	i) Densidade de Ocupação i.1 muito alta i.2 alta i.3 média i.4 baixa i.5 muito baixa
		ii) Estágio de Ocupação ii.1 Consolidado ii.2 Em consolidação ii.3 Rarefeito
		iii) Ordenamento Urbano iii.1 muito alto iii.2 alto iii.3 médio iii.4 baixo iii.5 muito baixo
		iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim)

		iv.2 Não Pavimentado (Não)
	1.2 Loteamento	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
		v) Cobertura do Lote (com vegetação) v.1 Sim v.2 Não
	1.3 Espaço Verde Urbano	-
	1.4 Grande Equipamento	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
		1.4.1 Agrícola 1.4.2 Industrial/Comercial 1.4.3 Institucional 1.4.4 Lazer 1.4.5 Mineração 1.4.6 Resíduos/Cemitérios
	1.5 Rodovia/estrada	iv) Pavimentação iv.1 Pavimentado (Sim) iv.2 Não Pavimentado (Não)
2. Áreas Agrosilvopastoris	2.1 Cultura	-
	2.2 Campo	-
	2.3 Reflorestamento	-
3. Espaços Abertos com Pouca ou Nenhuma Cobertura Vegetal	3.1 Solo Exposto	-
4. Superfícies Naturais	4.1 Mata	-
5. Corpos d'água	5.1 Corpo d'água	-

Quadro 8: Sistema de classificação de mapeamento de uso e cobertura da terra (UGRHI Desenvolvido pelo Sistema Ambiental Paulista CPLA e IG, 2013)

5. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa estão divididos em três partes, sendo aqueles relativos ao mapeamento de uso da terra, a caracterização morfométrica e as fontes de poluição hídrica.

5.1 Mapeamento de uso da terra

A partir da atividade de fotointerpretação e reconhecimento e dos objetos observados na cobertura terrestre, foi inicialmente proposta uma chave de classificação que permite a subdivisão em objetos não urbanos, ou seja, rurais e urbanos, que, por sua vez, também foram subdivididos de forma hierárquica. O resultado do mapeamento de uso da terra é apresentado no Anexo I.

Os objetos não urbanos são compostos basicamente por áreas rurais com presença marcante de áreas verdes, como lagos e solo exposto. As áreas verdes foram organizadas em duas classes apresentadas a seguir:

FORMAÇÃO ARBÓREA DENSA NATIVA – (Fragmentos de Floresta Atlântica).
Exemplo dessa classe a seguir com a Figura 28.



Figura 28: Vegetação Florestal Nativa. Coordenadas $23^{\circ} 23' 33.08''$ S; $45^{\circ} 29' 45.84''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

FORMAÇÃO ARBÓREA ABERTA - Formação Arbórea (Mata aberta com árvores remanescentes de florestas e pomar). Exemplo dessa classe pode ser observada na Figura 29.



Figura 29: Vegetação Arbórea Aberta. Coordenadas 23° 24' 53.38'' S; 46° 31' 17.34'' O (Fonte: Google Earth 2014).

CULTURAS AGRÍCOLAS – Vegetação rasteira plantada (Agricultura de hortaliças e outros). Exemplo dessa classe pode ser observada na Figura 30.



Figura 30: Culturas Agrícolas. Coordenadas 23° 24' 50.32'' S; 46° 30' 07.59'' O (Fonte: Google Earth 2014).

SOLO EXPOSTO – Área degradada abandonada. Exemplo dessa classe pode ser observada na Figura 31.



Figura 31: Solo Exposto. Coordenadas $23^{\circ} 24' 36.84''$ S; $46^{\circ} 30' 44.49''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

Exemplo de Solo Exposto a seguir na Figura 32.



Figura 32: Solo Exposto. Coordenadas $23^{\circ} 24' 51.83''$ S; $46^{\circ} 29' 56.61''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

GRANDE EQUIPAMENTO PARTICULAR - INDÚSTRIA - Exemplo dessa classe pode ser observada na Figura 33.



Figura 33: Equipamento Particular. Indústria localizada nas Coordenadas $23^{\circ} 25' 17.75''$ S; $46^{\circ} 29' 29.62''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

GRANDE EQUIPAMENTO LASER E DESPORTO- exemplo dessa classe na figura 34.



Figura 34: Equipamento Público Campo . Coordenadas $23^{\circ} 24' 42.94''$ S; $46^{\circ} 30' 11.56''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de Favela a seguir com a Figura 35.



Figura 35: Equipamento Público Campo . Coordenadas $23^{\circ} 24' 43.19''$ S; $46^{\circ} 30' 12.37''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

GRANDE EQUIPAMENTO PÚBLICO ESCOLA- exemplo dessa classe na Figura 36.

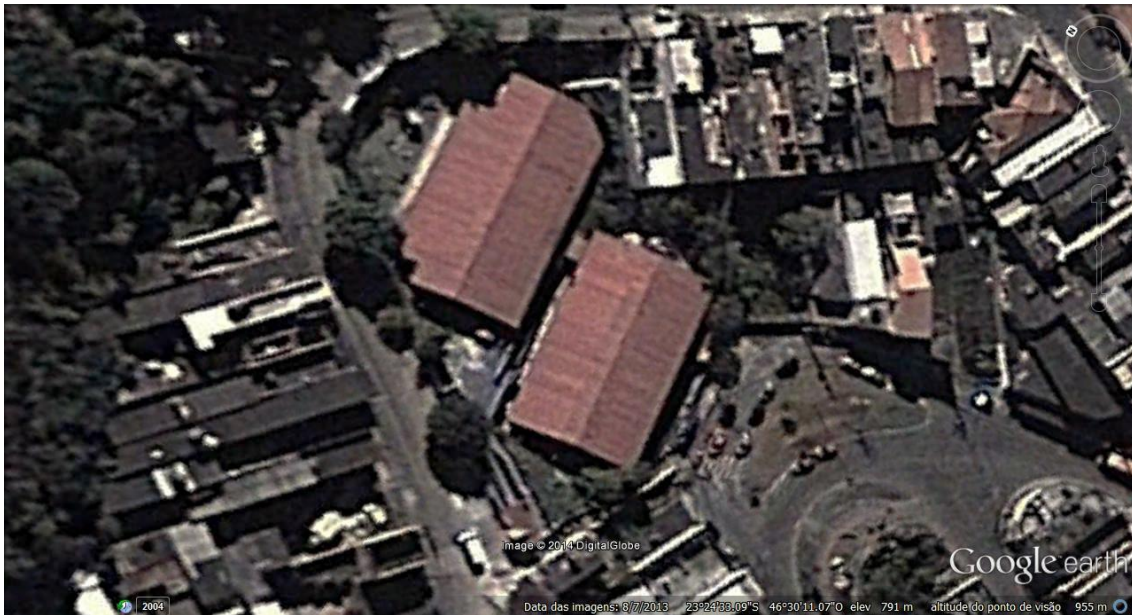


Figura 36: Equipamento Público Escola. Coordenadas 23° 24' 33.09" S; 46° 30' 11.07" O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de Favela a seguir com a Figura 37.



Figura 37: Equipamento Público Escola. Coordenadas 23° 24' 31.79" S; 46° 30' 10.94" O (Fonte: Google Earth 2014).

ESPAÇO VERDE URBANO PRAÇA- exemplo dessa classe na Figura 38.

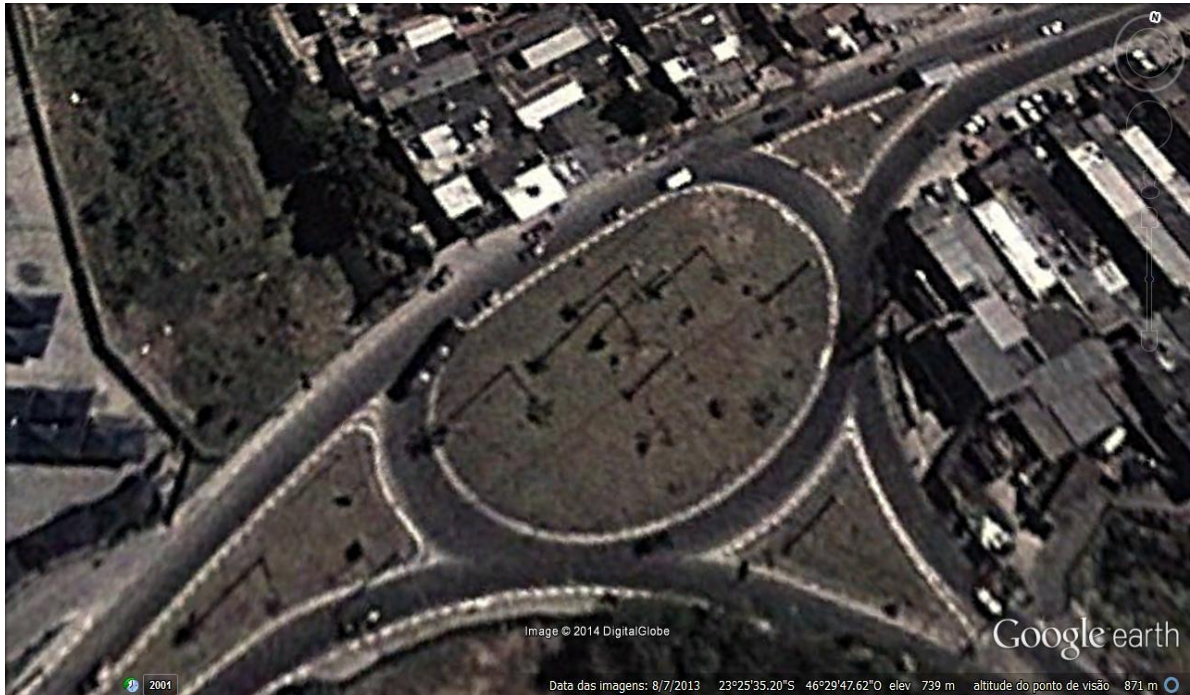


Figura 38: Equipamento Verde Urbano Praça. Coordenadas 23° 25' 35.20'' S; 46° 29'47.62''O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM BAIXA DENSIDADE – CHÁCARA –
Corresponde a ocupações residenciais de baixa densidade (Quadras com lotes >500m²), consolidado, ordenado (Chácaras). Consistem em áreas com grau de impermeabilização do solo baixo. Exemplo dessa classe a seguir na Figura 39



Figura 39: Ocupação Residencial com Baixa Densidade- Chácara. Coordenadas 23° 23' 50.57'' S; 46° 29' 58.74'' O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM ALTA DENSIDADE $\leq 30\%$ ORDENADA COM PAVIMENTAÇÃO – Figura 40.



Figura 40: Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas 23° 24' 30.17'' S; 46° 30' 14.13'' O (Fonte: Google Earth 2014).

Mais exemplos de ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação a seguir nas Figuras 41 e 42.



Figura 41: Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas 23° 24' 29.70'' S; 46° 30' 12.98'' O (Fonte: Google Earth 2014).



Figura 42: Ocupação residencial com alta densidade $\leq 30\%$ ordenada com pavimentação. Coordenadas 23° 24' 36.43'' S; 46° 30' 04.01'' O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM ALTA DENSIDADE $\leq 30\%$ ORDENADA SEM PAVIMENTAÇÃO – Figura 43.



Figura 43: Ocupação residencial de alta densidade, em consolidação, ordenada e sem pavimentação. Coordenadas 23° 24' 10.42'' S; 46° 30' 35.55'' O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM ALTA DENSIDADE, EM CONSOLIDAÇÃO, ORDENADA E COM PAVIMENTAÇÃO - Área em processo de consolidação, com pavimentação, ordenada, loteamento popular com lotes entre 120 a 200m². Consiste em áreas com elevado grau de impermeabilização do solo. Exemplo dessa classe na Figura 44.



Figura 44: Ocupação Residencial com alta Densidade entre 30% e 70% e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas 23° 24' 27.78'' S; 46° 30' 16.67'' O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM ALTA DENSIDADE ENTRE 30% A 70% ORDENADA SEM PAVIMENTAÇÃO - Área em processo de consolidação, sem pavimentação, ordenada, loteamento popular com lotes entre 120 a 200m². Consiste em áreas com elevado grau de impermeabilização do solo. Exemplo dessa classe na Figura 45.



Figura 45: Ocupação Residencial com Alta Densidade entre 30% e 70% e Ordenada sem Pavimentação. Coordenadas 23° 24' 27.78'' S; 46° 30' 16.67'' O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM DENSIDADE ALTA \geq 70% ORDENADA COM PAVIMENTAÇÃO- Área consolidada, com pavimentação, ordenada, loteamento popular com lotes entre 120 a 200m². Consiste em áreas com elevado grau de impermeabilização do solo. Exemplo dessa classe na Figura 46.



Figura 46: Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 25' 00.53''$ S; $46^{\circ} 29' 31.00''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação na Figura 47.



Figura 47: Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 24' 51.38''$ S; $46^{\circ} 29' 50.58''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM DENSIDADE ALTA $\geq 70\%$ ORDENADA SEM PAVIMENTAÇÃO- Área consolidada, com pavimentação, ordenada, loteamento popular com lotes entre 120 a 200m². Consiste em áreas com elevado grau de impermeabilização do solo. Exemplo dessa classe na Figura 48.

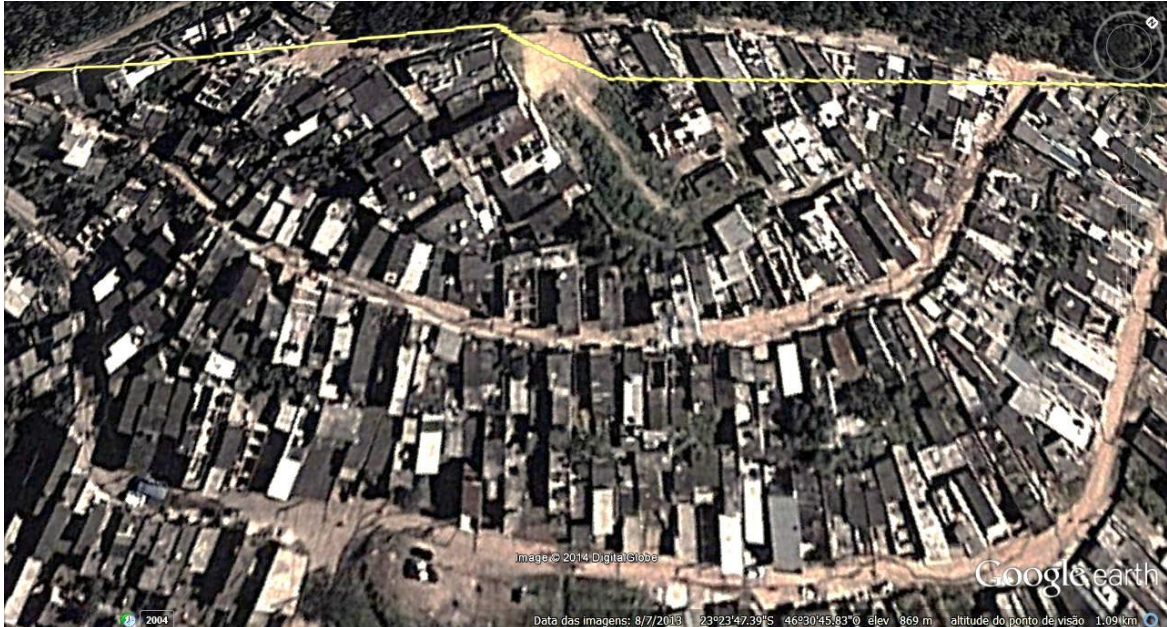


Figura 48: Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas 23° 23' 47.39" S; 46° 30' 45.83" O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação na Figura 49.

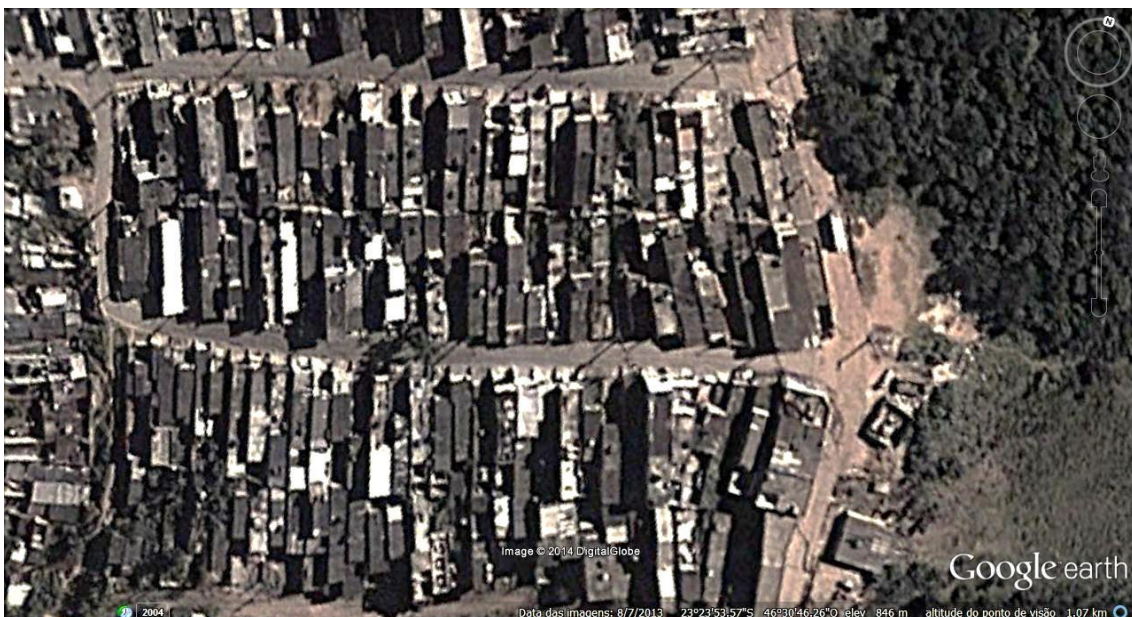


Figura 49: Ocupação Residencial com Alta Densidade $\geq 70\%$ e Ordenada com Pavimentação. Coordenadas $23^{\circ} 23' 53.57''$ S; $46^{\circ} 30' 46.26''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

OCUPAÇÃO RESIDENCIAL COM DENSIDADE MUITO ALTA E DESORDENADA FAVELA - Correspondente à ocupação residencial com densidade muito alta (Áreas com lotes entre 50 a 100m^2), consolidada e desordenada. Consistem em áreas com elevado grau de impermeabilização do solo. Exemplo dessa classe pode ser observada na Figura 50.



Figura 50: Favela. Coordenadas $23^{\circ} 24' 38.38''$ S; $46^{\circ} 30' 15.63''$ O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de Favela a seguir com a Figura 51



Figura 51: Favela. Coordenadas 23° 24' 53.72'' S; 46° 29' 51.92'' O (Fonte: Google Earth 2014).

Outro exemplo de Favela a seguir com a Figura 52.



Figura 52: Favela. Coordenadas 23° 24' 54.90'' S; 46° 29' 54.14'' O (Fonte: Google Earth 2014).

Os dados gerados pelo mapeamento do uso da terra referente à bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha disponíveis no (anexo I) foram sistematizados em tabela e gráfico que demonstram as classes de usos, os dados foram

comparados e analisados com os resultados obtidos na Bacia Hidrográfica do Tanque Grande e na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau, conforme Quadro 09.

Cachoeirinha	
Código	Área em hectares
EPA	20,7
EPU	2,5
R1	77,1
R3	49,6
R4	144,8
R7	37,3
S1	15,9
V1	210,3
V2	23,9
V3	87,7
V4	9,6
V5	73,3

Quadro 09: Classes de uso da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.

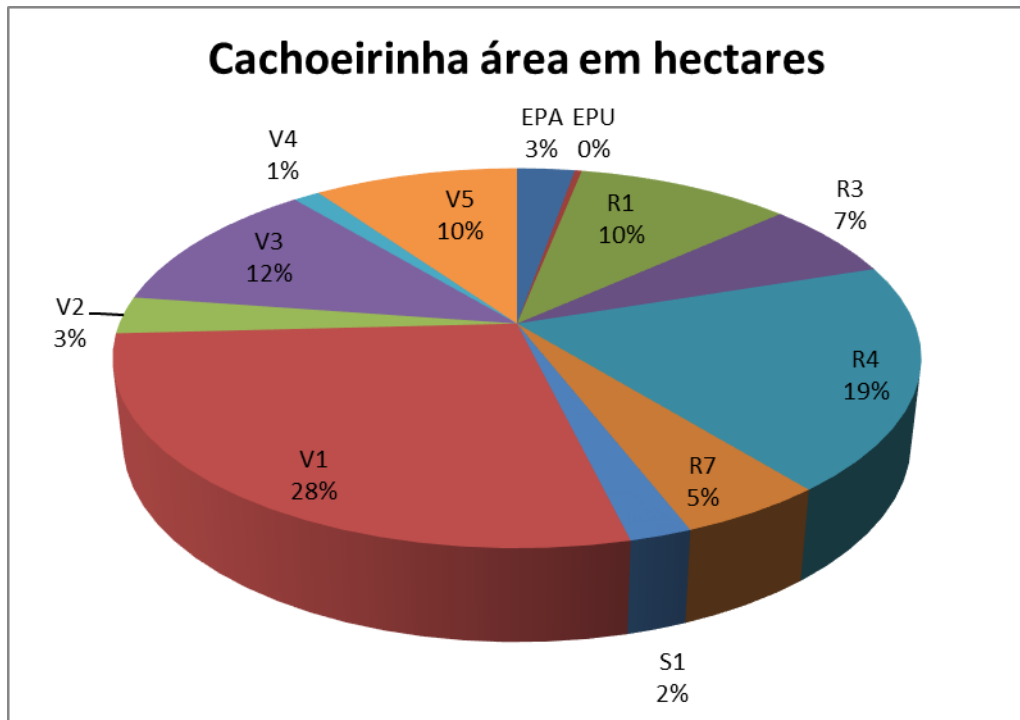


Gráfico 01: Área relativa (%) das classes de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.

Ao observar a distribuição das classes no espaço conclui-se que estão dispersas por toda a bacia, havendo concentração R1 e R3 na parte centro sul, EPA é encontrada em maior quantidade ao sul, R4 concentra-se mais na região norte estando próxima a concentração de V1, V5 e R2 são encontradas dispersas nas partes sul, norte e região central, por toda a bacia hidrográfica, na parte oeste ocorre maior incidência de V3, a uso da terra sugere tendência de expansão urbana periférica contínua ou em direção a parte norte onde já é possível identificar conflitos entre usos como ocorre entre V4 e R1 na parte central e também V5, R2 e R4 na porção norte próximos a uma área de V1 extremamente importante por ser uma unidade de conservação.

Cachoeirinha		Tanque Grande		Guaraçau	
Código	área em hectares	código	área em hectares	código	área em hectares
EPA	20,7	EPA	4,2	EPA	53,3
EPU	2,5	EPU	6,1	EPU	9,1
R1	77,1	L	11,5	L	13,9
R3	49,6	R1	19,9	R1	16,3
R4	144,8	R2	155,7	R2	306,7
R7	37,3	R3	121,5	R5	217,6
S1	15,9	SO	12,3	SO	70,7
V1	210,3	V1	793,5	V1	498
V2	23,9	V2	67,2	V2	168,6
V3	87,7	V3	92,3	V3	203,9
V4	9,6	V4	33,1	V4	110,2
V5	73,3	V5	255,8	V5	365,5

Tabela 10: Comparação das classes de usos das Bacias Hidrográficas do Cachoeirinha, Tanque Grande(em preparação) e Ribeirão Guaraçau (Santos, 2013)

A análise comparativa entre as tabelas demonstra algumas particularidades no uso entre as bacias a exemplo de R1 - Ocupação urbana residencial com muito alta densidade não ordenada, a bacia do Córrego Cachoeirinha se destaca em relação as outras por ocupar uma área muito extensa de 77,1 hectares, a bacia do Tanque Grande se destaca com maior área de V1 - Formação arbórea densa nativa com 498 hectares, a bacia do Cachoeirinha apresenta a menor área V5 vegetação rasteira plantada com 73,3 hectares. Contudo as bacias apresentam significativa ocupação ordenada e desordenada o que sugere uma tendência de crescimento de ocupações em áreas que já apresentam conflito de ocupação.

6. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha

A morfometria da bacia visa análise das condições de escoamento da água que tem implicação direta na suscetibilidade à poluição hídrica.

A análise comparativa considera que a que a declividade é alta no canal e na superfície da bacia, a tendência de escoamento eficaz pode ser observada, os resultados podem ser observados na Tabela 09.

Características geométricas			
Comprimento máximo:	4.600 m	Largura máxima:	4.060 m
Perímetro:	15,88 km	Área da bacia:	7,5 km ²
Altitude máxima:	950 m	Altitude mínima:	730 m
Desnível:	220 m		
Características geomorfológicas			
Comprimento do talvegue	8.050 m	Índice de circularidade	0,6
Declividade do talvegue	1,49%	Densidade de drenagem	2,9 km/km ²
Desnível do talvegue	120 m		

Quadro 11: Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha.

Considerando os aspectos morfométricos, conclui-se que a declividade do talvegue apresenta valores significativos por todo o percurso, a densidade de drenagem serve de evidência do percentual apresentado na declividade, pois a velocidade na drenagem é de 2,9 km/km². O índice de circularidade é alto apresentando assim elevada densidade de drenagem.

Contudo, pode-se considerar que na Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha como um todo, apresenta condições de maior efetividade no escoamento das águas e, portanto, com maior suscetibilidade a escoamento mais concentrados que, em correspondência ao uso da terra, implicam na maior vulnerabilidade a poluição hídrica dos corpos d'água superficiais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha por meio do mapa do uso da terra, mapa de poluição e da caracterização morfométrica, permitiu compreender a qualidade ambiental da área estudada, bem como identificar os diferentes tipos de uso da terra, incluindo áreas degradadas a vulnerabilidade e as principais fontes de poluição hídrica.

Na medida em que a área de estudos contempla áreas rurais, urbanas associadas ao crescimento periférico em direção ao Parque da Cantareira, da APA Cabuçú-Tanque Grande apresentando assim um novo modelo de uso e ocupação do solo, influenciado pelo crescimento econômico da cidade de Guarulhos desde a criação do aeroporto internacional até os dias atuais com a construção do Rodoanel proporcionando conflitos com relação a sensibilidade ambiental, produção de água e biodiversidade da região norte com o crescimento econômico e o padrão urbano inadequado, denso, poluente da região sul. As informações geradas por essa pesquisa podem contribuir para o planejamento socioambiental dos bairros envolvidos, para assim proporcionar um método passível de aplicação em outras bacias hidrográficas identificadas no município de Guarulhos, nas quais têm sido identificadas as mesmas condições aqui reconhecidas.

Esta avaliação ora concluída, abre uma perspectiva interessante ao propiciar a possibilidade de serem efetuados estudos futuros a partir dos seus resultados, na quantificação da produção de esgotos pela área mapeada (incluindo estimativa de DBO) e, na qualidade das águas com análise do corpo d'água receptor do córrego Cachoeirinha.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Tradução de Haroldo Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979, 78p. (Série Paulo de Assis Ribeiro, nº 9).

ANDRADE, M. R. M. **Cartografia de aptidão para assentamentos urbanos do Município de Guarulhos.** 1999. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ANDRADE, M.R.M. de. **Cartografia de Aptidão Subsísica Para o Assentamento Urbano do Município de Guarulhos SP.** Subsídios para o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Economia e Planejamento, Prefeitura Municipal de Guarulhos, 2001.

ANDRADE et al. **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural.** São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008.

AZEVEDO, A. A. **Análise dos impactos Ambientais da Atividade Agropecuária no Cerrado e suas interrelações com Recursos Hídricos na Região do Pantanal.** Dissertação de Mestrado. UFMT, 2004.

BEZERRA, A. F. **Qualidade Ambiental Urbana do Distrito de Baeta Neves, Município de São Bernardo do Campo (SP).** São Paulo, USP, 2008.

BEDANI, E.F. **Paisagem natural paleógena da Bacia Sedimentar de São Paulo, no Município de Guarulhos, Estado de São Paulo.** Guarulhos, 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos.

BOLLER, M. **Urban wastewater management in transition in: Toward sustainable urban stormwater managment.** 2003 **EAWAG News** Vol. 57 pp. 23-28.

BOTELHO, R.G.M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica.** In: GUERRA, A.J.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M.(org.). **Erosão e conservação dos solos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999,p.260-300.

BORIN, Mariana da Silva, **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO DIFUSA NA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDROELÉTRICAS,** Monografia. USP, 2012.

BRASIL. **Política Nacional de Meio Ambiente,** lei Federal 6.938/81, 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação oficial.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu.** São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.

CASTRO, I.E. (1995): **O Problema da Escala.** In **Geografia: Conceitos e Temas,** org. I.E.Castro, P.C.C. Gomes e R.L. Corrêa, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

CAMPOS, D. C. DE. **Inundações problemas ou fenômenos naturais. A ocupação das várzeas dos principais rios no Alto Tietê e a reprodução deste modelo urbano na Bacia do rio Baquirivu-Guaçu.** Guarulhos, SP. 2011.

CANDIDO, Humberto Gois, **DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UBERABA - MG.** Doutorado, Unesp, 2008.

CECÍLIO,R.A.; REIS,E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas.** Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 2009. São Paulo: CETESB, 2009.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**, 2010 - São Paulo : CETESB, 2011

CHRISTOFOLETTI, Antonio. O canal fluvial. In:____. **Geomorfologia Fluvial**. 1. ed. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. _____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHUI, T. W.; MAR, B. W.; HORNET, R. R. **A pollutant loading model for highway runoff** 1982 **J. Environ. Eng.**, ASCE Vol 6 pp 1193–1210.

Coelho Netto, A.L. & Avelar, A.S. - 1996 – **“Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia”**, Cap. 3, in: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (org.) - 1996 – **“Geomorfologia. Exercícios, técnicas e aplicações”**, Ed. Bertrand, Rio de Janeiro, 343 p.

DAVIS, A.P.; SHOKOUHIAN, M.; NI, S. **Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources**. 2001. *Chemosphere* Vol. 44 pp.997-1009.

Dias, L. E.; Griffith J. J. **Conceituação e caracterização de áreas degradadas**. In: Dias, E. L.; Mello, J. W. V. (ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV/Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-7.

DINIZ, H. N. **Estudo do potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guau, municípios de Guarulhos e Arujá, SP**. 1996. 296f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências USP. São Paulo, SP, 1996.

EMPLASA Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. **Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Rio Baquirivu**. Volume I Relatório. São Paulo: Secretaria de Negócios Metropolitanos, 1976.

ESTEVEES, F. A., **Fundamentos de Limnologia**, 3ª Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2011.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FRANÇA, G.V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. Piracicaba, 1968. 151p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1968

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias - Belo Horizonte**: EMATERMG. 24p. 1994.

GRAÇA, B.A. **Condicionantes Geoambientais no Processo Histórico da Ocupação Territorial do Município de Guarulhos, Estado de São Paulo**. 2007. 147p. Dissertação de mestrado em análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, 2007.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta Terra**. 2001. Quím. Nova, Cadernos Temáticos Nº. 1 pp. 31-40.

Goulart, M. E. **Efeito da Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto na Qualidade da Água no Município de Arujá (SP)**. 2013. Dissertação de Mestrado em análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, 2013.

HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc America Bulletin, v.3, n.56, 1945.

IBGE **Manual técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, FIBGE, 2006. 91 p. (Manuais técnicos em Geociências, nº7) <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em 24/08/2014 às 17:59.

JULIANI, C. 1993. **Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra do Itaberaba , São Roque e da Pedra Grande, NE da cidade de São Paulo**, SP. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KARMANN, I. **Ciclo da água: Água subterrânea e sua ação geológica**. In: Teixeira, W. et al. (org.). Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000.

LEE, J. H.; BANG, K. W. **Characterization of urban stormwater runoff**. 1999. Wat. Res. Vol. 34 n°.6 pp. 1773-1780

LIMA, E.B.N.R. **Modelação integrada para gestão qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. 2001 Tese de Doutorado, Universidade do Rio de Janeiro, COPPE.

LINSLEY, R. K. Jr. & FRANZINI, S. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**. Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

Lopes , J.C. **Índice de Estado Trófico da Sub-Bacia Hidrográfica doRibeirão Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise comparativa entre as zonas rural e urbana**. Dissertação de mestrado em análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, 2013.

MARTINS, F.B. et al. **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS)**. Estudo de caso. Cerne, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MARTINEZ, S. S. (no prelo), **Evolução do uso e ocupação do solo e o reflexo nos índices de qualidade das águas no alto curso do rio Baquirivu-guaçu, município de Guarulhos e Arujá (SP)**.

MASCHIO, L.M. de A.; RACHWAI,M.F.G.; CURCIO,G.; BALENCIEFER,M. MONTOYA, L. (1992). **Evolução, Estágio e Caracterização da pesquisa em**

recuperação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL, Curitiba, Anais, p.17-33.

Ministério do Planejamento Orçamento e Gesto. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2 edição número 7. Rio de Janeiro Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, 2006.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas. 2003**. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

NIX, J. S. **Urban stormwater modeling and Simulation in The urban runoff problem and modeling**. 1994. Publication Boca Raton – New York.

PINHARANDA, José F. SIMAS, Maria J. **Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste. Parte II – Poluição difusa**. Revisão 1. Portugal: Ministério do Meio Ambiente e do Ordenamento do Território. Jun, 2010.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. **A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação de recursos naturais**. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A F.M (Eds). **Conceito de bacias hidrográficas, teoria e aplicação**. Editora da UESC, Ilhéus, BA, 289p. 2002.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)**. Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004.

PORTO, M. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**, Cap. 9, p. 387-428 in Tucci, C.E.M., Porto, R.L. e Barros, M.T. 1995 **Drenagem urbana**, 428 p., Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol.5, Porto Alegre.

PORTO A. A. **USO DO SOLO E CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DO CÓRREGO CAPÃO DA SOMBRA, GUARULHOS, SP.** Dissertação de mestrado em análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, 2013.

PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM, **Bacia Hidrográfica do Alto Tietê Bacia do Baquirivu Guaçu Diagnóstico geral e aes recomendadas.** Relatório PDATI-HI-RT-814. São Paulo Secretaria Estadual de Saneamento e Energia, 2002.

PRESTES, E.C; ANJOS, V.E.; SODRÉ, F.F.;GRASSI, M.T. **Copper, lead and cadmium loads and behavior in urban stormwater runoff in Curitiba, Brazil.** 2006 J. Braz. Chem. Soc. Vol. 17 pp. 53-60.

Riccomini C. & Coimbra A.M. 1992. **Geologia da bacia sedimentar.** In: Ferreira, A.A.; Alonso, U.R.; Luz, P.L ed. Solos da cidade de São Paulo. São Paulo, ABMS/ABEF.p.37-94.

ROSA. A. **Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Taquara do Reino, Município de Guarulhos (SP): reflexos na qualidade da água.** Dissertação de mestrado em análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, 2013.

ROSSI, M. et al. **Macro-relação entre paisagem e seus formadores físicos: município de Guarulhos.** São Paulo, 2008. 31p. (Relatório Interno do Instituto Florestal).

SAAD, A.R.; SEMENSATTO-JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. **Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006.** Revista UnG - Geociências, v. 6, n. 1, p. 118-133, 2007.

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

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos,

30).

SILVA ,A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras- MG. 1995.**

SILVA, A.L. **Utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da bacia do Ribeirão da Estiva, SP. 2003. Dissertação - Mestrado – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo.**

SIMIS, J. T.; SIMARD, R. R.; JOERN, B. C. **Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research. Journal of Environmental Quality, v.27, p.277-293, 1998.**

STRAHLER AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union* n.38, p.913–920, 1957 TOMAZ, P. **Poluição difusa**, São Paulo: Editora Navegar, 2006.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.**

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.**

TUCCI, Carlos E. M. **Elementos para o controle da drenagem Urbana. Departamento de Hidromecânica e Hidrologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.**

TUNDISI, J.G . **Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2003.**

WILLIAMS,D.D.;BUGIN,A.;REIS,J.L.B. (Coord.) **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Brasília: IBAMA,1990.96P.**

WONG, T.; BREEN, P; LLOYD, S. Technical report 00/1 in **Water sensitive road design – design options for improving stormwater quality of road runoff** 2000
Disponível em: www.catchment.crc.or.au/pdfs/technical.200001.pdf Acessada em
06/05

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 2

