

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Dermeson Ezequiel de Araújo Carvalho**

**ESTIMATIVA DOS IMPACTOS CAUSADOS PELAS ALTERAÇÕES DE USO E  
COBERTURA DO SOLO NAS SUB-BACIAS DOS RIBEIRÕES GOMERAL E  
TAQUARAL, FORMADORAS DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ, SP.**

**TAUBATÉ – SP**

**2009**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**Dermeson Ezequiel de Araújo Carvalho**

**ESTIMATIVA DOS IMPACTOS CAUSADOS PELAS ALTERAÇÕES DE USO E  
COBERTURA DO SOLO NAS SUB-BACIAS DOS RIBEIRÕES GOMERAL E  
TAQUARAL, FORMADORAS DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ, SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.  
Área de Concentração: Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas  
Orientador: Nelson Wellausen Dias

**TAUBATÉ – SP**

**2009**

**ESTIMATIVA DOS IMPACTOS CAUSADOS PELAS ALTERAÇÕES DE USO E  
COBERTURA DO SOLO NAS SUB-BACIAS DOS RIBEIRÕES GOMERAL E  
TAQUARAL, FORMADORAS DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ, SP**

**DERMESON EZEQUIEL DE ARAÚJO CARVALHO**

**Dissertação aprovada em 26 de março de 2009.**

<b>Membro</b>	<b>Instituição</b>
<b>Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias</b>	<b>UNITAU – Universidade de Taubaté</b>
<b>Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista</b>	<b>UNITAU – Universidade de Taubaté</b>
<b>Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sena</b>	<b>FATEA – Faculdades Integradas Teresa D'Ávila</b>

---

**Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias**  
**Orientador**

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço a Deus, pela sua atuação através da Fortaleza, Perseverança e Fé, aos meus pais, minha esposa e filhos, pelo apoio em minhas outras ocupações, apoio este que me permitiu dedicação a este trabalho.**

**Agradeço de forma especial a meu orientador Prof. Dr. Nelson W. Dias, exemplo de profissional, que com extrema dedicação, muito ajudou este professor na conclusão do presente trabalho. Não posso deixar de mencionar a valiosa ajuda de Ana Paula Costa e Tiago Agostinho, funcionários da Universidade de Taubaté, responsáveis pelo Laboratório de Processos Biológicos Aplicados ao Meio Ambiente (LPBAMA) e do Laboratório de Geoprocessamento (LAGEO) respectivamente, que tiveram profunda dedicação e valiosas contribuições na elaboração deste trabalho.**

*“ MAIS VALE UMA GOTA D’ÁGUA QUE GOTEJA INCANSAVELMENTE PELOS SÉCULOS DO QUE UMA GRANDE ENXURRADA QUE PERDURA POR APENAS ALGUNS MOMENTOS .....” (Dermeson Carvalho, Inspirado em Trigueirinho)*

## - ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO .....	9
2- REVISÃO DA LITERATURA .....	14
2.1. Regiões Hidrográficas .....	14
2.1.1. Bacia Hidrográfica .....	15
2.2. Bacia do Atlântico Sudeste .....	15
2.2.1. Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul .....	16
2.2.2. Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá .....	18
2.3. Micro Bacia Hidrográfica .....	20
2.4. Ciclo Hidrológico .....	21
2.5. Matas Ciliares .....	22
2.6. Nascentes .....	25
2.7. Desmatamento ou supressão da vegetação .....	26
2.8. Erosão por Supressão da Cobertura Vegetal .....	28
2.8.1. Tipos de Erosão .....	31
2.9. Qualidade das Águas Superficiais .....	34
2.10. Sensoriamento Remoto .....	35
3- MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1. Área de Estudo .....	37
3.2. Amostragem da Água .....	39
3.3. Avaliação das alterações na Cobertura do Solo .....	43
3.4. Medidas de Vazão .....	43
3.5. Análise de Água .....	44

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
5- CONCLUSÕES .....	63
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## **RESUMO**

O estudo da bacia hidrográfica é um passo fundamental para que se possa avaliar o nível de preservação ou degradação de uma região ou de ecossistemas. É então uma referência de estudo, pois como componente estrutural da paisagem, integra os impactos decorrentes dos padrões de uso e cobertura do solo.

Diversos autores afirmam que o uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica implicam diretamente na quantidade e qualidade da água, pois como um sistema geomorfológico natural aberto, recebe sedimentos de origem natural ou antrópica (água, sedimentação, esgotos domésticos e efluentes de origem industrial ou agropecuário) numa contínua troca de energias, pois ocorre o escoamento desse material pela sua rede de drenagem.

As sub-bacias dos Ribeirões Gomerai e Taquaral, formadores do Ribeirão Guaratinguetá, refletem bem a atual situação de uso e cobertura do solo da maioria das terras do país e as condições de degradação dos ecossistemas específicas da região sudeste do Brasil. Através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a elaboração de mapas temáticos, percebeu-se o domínio de pastagens na região de estudo, ocupando 59,42% da área total, sendo apenas 27,10% ocupados por florestas. A falta de vegetação, principalmente de mata ciliar, implica num aumento, entre outros parâmetros, de cor e turbidez, o que foi verificado nos pontos de amostragem nas doze coletas realizadas mensalmente, principalmente em eventos de maior precipitação, quando o carreamento de partículas aumenta devido à falta de cobertura vegetal nas margens de corpos d'água e no entorno de nascentes.

**Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Uso e Ocupação do Solo; Qualidade da Água.**

## **ABSTRACT**

The study of the river basins is a fundamental toward the evaluation of the level of preservation or degradation in a region or ecosystems. Therefore it serves as reference, as a structural component of the landscape, since it integrates the impacts caused by land use and land cover patterns.

River basin land use and cover patterns affect directly the quantity and quality of natural water, because as an open geomorphologic system it receives sediments of both natural and anthropogenic origin (drained water, sediments, domestic sewage, industrial waste, and agricultural residue) in a continual energy exchange process, since these materials are drained through the drainage network.

Gomeral and Taquaral Creek catchment areas, forming tributaries of Guaratingueta river basin, reflect the most common land use and cover patterns of the country as well as the more specific ecosystem degradation conditions of southeastern Brazil. Thematic maps were produced by applying remote sensing techniques coupled with water quality analysis. Results show the predominance of pasture in the study area, occupying 59,42% of the two sub-basins areas, and only 27,10% covered by forest. The lack of vegetation cover, mainly riparian forest, causes the increase values of, among other parameters, color and turbidity. Fact observed in the sampled water in the twelve samples collected monthly, especially during heavier precipitation events, when the erosion and transport of sediments is greater due to the lack riparian vegetation cover along drainage channels and around natural springs.

**Keywords: River Basin; Use and Occupation of the Soil; Quality of the Water**



## 1 - INTRODUÇÃO

Segundo a Constituição Federal do Brasil (1988), o meio ambiente é um bem de uso comum do povo, portanto é um patrimônio público. Segundo Carvalho e Junior (2003) o meio ambiente tem um valor e, portanto, não deve ser individualizado. O poder público é responsável por garantir a proteção desse bem, que pode ser concreto (florestas, rios) ou imaterial (uma cultura, o conhecimento de um povo, etc).

O meio ambiente vem sofrendo variadas formas de degradação causadas por atividades antrópicas como, por exemplo, o não tratamento de lixos e esgotos residenciais e industriais, a emissão de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), o desmatamento, entre outras.

A história do desmatamento no Brasil teve início logo após o seu descobrimento, por volta do ano de 1500, após a descoberta das reservas de Pau-Brasil e o início de sua exploração. O que não foi muito diferente na história da ocupação humana no Vale do Paraíba, onde o desmatamento esteve ligado à expansão agropecuária, iniciando-se pela agricultura (monocultura de café e cana-de-açúcar) que teve um apogeu e posteriormente uma queda no início do século XX. Após isso a pecuária iniciou seu curso na área rural da região permanecendo até os dias de hoje, dividindo espaço com o plantio de eucalipto, fator que vem sendo muito estudado devido a sua possível relação com os recursos hídricos nas áreas plantadas com essa espécie exótica.

A região da Alta Bacia do Ribeirão Guaratinguetá (área de estudo), situada em 22° 40' 00" S; 45° 21' 52" O (extremo norte); 22° 45' 52" S; 45° 21' 52" O

(extremo sul); 22° 42' 24" S; 45° 20'16" O (extremo leste); 22° 42' 24" S; 45° 25' 28" O (extremo oeste), está localizada na encosta leste da Serra da Mantiqueira e inserida no Bioma Mata Atlântica, tendo sua elevação máxima no divisor de águas a mais de dois mil metros de altitude.

Por possuir grande variação de altitude, de 650 metros na confluência dos ribeirões Gomeral e Taquaral até acima de 2000 metros em seu ponto mais alto no divisor de águas do ribeirão Gomeral e Rio Grande (em Pindamonhangaba), a região da bacia apresenta uma variedade de flora típica de floresta ombrófila densa, variando à florestas montana/altomontana e campos de altitude, (São Paulo, 2006).

A região de estudo é dividida em duas sub-bacias hidrográficas (Gomeral e Taquaral). Nas doze visitas realizadas ao local (entre agosto de 2007 a julho de 2008), constatou-se que vários contribuintes desses dois ribeirões são afetados pelo desmatamento e, conseqüente, falta de vegetação ciliar, tendo a localização de suas respectivas nascentes afetadas pela migração do lençol freático.

A destruição das florestas, ou sua substituição por outras constituídas de espécies de interesse comercial (em geral monoculturas), causa impactos também à fauna nativa da região provocando alterações que muitas vezes inviabilizam a permanência da fauna nessas áreas (TOMMASI, 1976). Percebe-se então que a perda da cobertura vegetal nativa causa mudanças em todas as esferas do meio ambiente, afetando o equilíbrio dos ecossistemas.

Segundo Montesi (2003) na avaliação dos impactos ambientais em qualquer região, seja qual for o fator causal desse impacto, o conhecimento dos padrões de cobertura e uso da terra, numa determinada região, é importante

porque permite a avaliação dos recursos naturais disponíveis em um dado momento.

Atualmente, grande parte da área que abriga pequenas nascentes contribuintes do Ribeirão Guaratinguetá encontra-se em áreas particulares que utilizam a área para criação de gado bovino, que tem como consequência, a implantação de novas áreas de pastagem. Observa-se que nas áreas mais altas ocorre a retirada de vegetação para construção de casas e pousadas, fato que vem causando impactos e dificultando a manutenção de nascentes, pois em alguns casos essas construções não respeitam os limites de mata ciliar no contexto das áreas de preservação permanente.

## **1.1 - Justificativa**

A crescente crise ambiental que traz como um dos desafios reverter o cenário atual de aquecimento global impõe a necessidade de implementar ações imediatas para reverter esse processo que tem como agente intensificador a atuação do ser humano sobre o planeta.

O desmatamento ocupa lugar de destaque entre os diversos fatores que causam o fenômeno do aquecimento global. Também está diretamente ligado ao equilíbrio do ciclo hidrológico, já que uma área que apresenta melhor preservação de sua cobertura vegetal promove melhor infiltração de água no solo do que outra mantida sem floresta.

Avaliar os processos de degradação numa determinada região é de suma importância para que se possa qualificar e quantificar os recursos que ainda se

tem disponível, bem como propor medidas reparadoras e suas respectivas ações, de acordo com o cenário de degradação da região de estudo.

Enfocando o desmatamento, ou seja, a perda ou a supressão da cobertura vegetal nativa de uma região, o presente trabalho faz uma avaliação do impacto causado por este fator na porção superior da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá. Esta área apresenta nítidas evidências de degradação ambiental causada pela remoção de cobertura vegetal nativa, principalmente em função de seu terreno acidentado típico de encostas de serras. Buscou-se, com esse estudo, avaliar a situação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos na área e propor medidas para reverter os danos já produzidos pela ação do Homem.

## **1.2- Objetivo Geral**

Este trabalho tem por finalidade fazer uma avaliação da porção superior da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá junto às encostas da Serra da Mantiqueira, para identificar as áreas críticas quanto à perda de cobertura vegetal, avaliar a situação atual das principais nascentes que contribuem com os Ribeirões Taquaral e Gomerál, formadores do Ribeirão Guaratinguetá, e inferir sobre possíveis relações entre a cobertura do solo e a qualidade da água superficial dessas sub-bacias.

### **1.2.1 - Objetivos Específicos**

- Estimar o impacto causado pela perda da cobertura vegetal nativa nas sub-bacias dos Ribeirões Taquaral e Gomerál;

- Por meio da elaboração de mapas temáticos, determinar a área e a distribuição espacial dos principais usos e coberturas do solo nas sub-bacias e relacioná-los com a situação ambiental da área de estudo;

- Avaliar a qualidade da água das duas sub-bacias por meio da análise de variáveis limnológicas e caracterizar da situação hídrica das sub-bacias.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Regiões Hidrográficas

A Lei 9.433/97 estabeleceu que bacia hidrográfica é uma unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com o objetivo de respeitar as diversidades sociais, econômicas e ambientais do País, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, aprovou em 15 de outubro de 2003, a Resolução N° 32 que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional. A Divisão Hidrográfica Nacional e a localização aproximada da área de estudo são mostradas na Figura 1 .



Figura 1 : Divisão Hidrográfica Nacional e localização aproximada da área de estudo. Fonte: Rede das Águas

### **2.1.1 Bacia Hidrográfica**

A bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. O conceito de bacia hidrográfica está associado à existência de nascentes, divisores de águas e características dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes. Segundo Gregory e Walling (1985), a bacia hidrográfica é um excelente exemplo de sistema geomorfológico que recebe energia ou aportes de substâncias a partir do clima reinante sobre a bacia e perde energia ou fornece material pela saída de água e sedimentos por sua foz. Uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume para os mais caudalosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas. As bacias podem ser classificadas de acordo com sua importância, como principais (as que abrigam os rios de maior porte), secundárias e terciárias e, de acordo com sua localização, em litorâneas ou interiores. (Rede das Águas 2007).

### **2.2 Bacia do Atlântico Sudeste**

A bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste possui uma área de 229.972 km<sup>2</sup>, distribuída por terras dos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e o litoral do Paraná. Destacam-se as bacias hidrográficas dos rios Doce e Paraíba do Sul. As bacias dos rios São Mateus, Itapemirim, Itabapoana e Ribeira de Iguape também estão inseridas na bacia do atlântico sudeste. Uma das principais características dessa região hidrográfica além de englobar a área mais industrializada do país, também possui o maior adensamento populacional, destacando-se as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, de Vitória e da

Baixada Santista, chegando a ultrapassar 13.000 hab./km<sup>2</sup> em São João de Meriti na Baixada Fluminense. O bioma principal da região é a Mata Atlântica, já fortemente desmatada. As áreas de maior conservação deste bioma encontram-se nas encostas das serras do Mar e da Mantiqueira nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. As áreas de maior degradação ambiental da região hidrográfica do Atlântico Leste são as baías de Santos, da Guanabara e de Vitória.

### **2.2.1 Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**

O Rio Paraíba do Sul é formado pela confluência dos Rios Paraitinga e Paraibuna, cujas nascentes situam-se respectivamente nos municípios de Areias (SP) e Cunha (SP). A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possui uma área de drenagem de aproximadamente 55.500 km<sup>2</sup>, sendo 14.547 km<sup>2</sup> no setor paulista, onde o uso do solo tem características urbano/rural e industrial, destacando a irrigação para o cultivo de arroz e atividades de mineração nas áreas de várzea (CETESB 2006). Estima-se em 15 milhões o número de habitantes abastecidos nessa bacia hidrográfica.

Vale destacar que de acordo com o IAP (Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público) de 2006, três pontos de amostragem do Rio Paraíba à montante e a jusante da cidade de Guaratinguetá (em Aparecida, Lorena e Queluz, respectivamente) apresentaram índices anuais que apontam para uma considerável capacidade de depuração. O ponto PARB 2600 (ponto de amostragem da CETESB), localizado na divisa dos municípios de Aparecida e Potim, apresentou, em 2006, valor do índice IQA (Índice de Qualidade de Água) de 39, ou seja, classificado como regular.



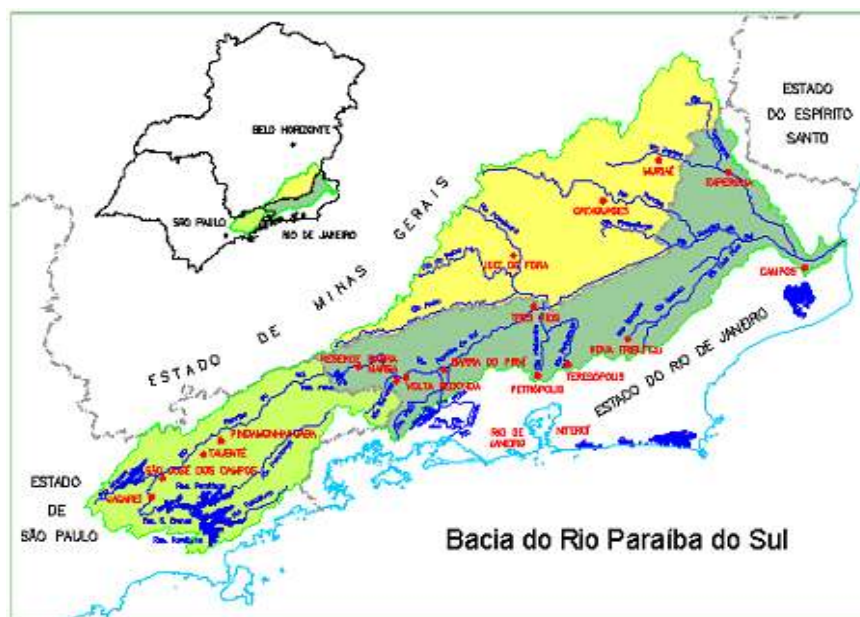


Figura 2 - Bacia Paraíba do Sul e sua sub-divisão nos três estados. Fonte: CBH-PS

O ponto PARB 2700, localizado no município de Lorena, apresentou IQA de 49, também se enquadrando como regular e o ponto PARB 2900, localizado no município de Queluz (próximo a divisa com o Estado do Rio de Janeiro), apresentou índice IQA de 55, considerado como bom. Os resultados são referenciados conforme Tabela 1.

Tabela 1- Categorias do Índice de Qualidade de Água.

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB 2006

## 2.2.2 Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá

O Ribeirão Guaratinguetá, principal curso d'água do município, é também um dos principais contribuintes do Rio Paraíba do Sul e está situado em sua margem esquerda. É o principal fornecedor de água para a população da cidade, estimada em 125 mil habitantes (IBGE, 2007), além de fornecer água para a agricultura no município, principalmente para o cultivo de arroz. É formado pela confluência de dois ribeirões junto à Serra da Mantiqueira, o Taquaral e o Gomerl. Em sua foz com o rio Guaratinguetá apresenta uma vazão média de 3,15 m<sup>3</sup>/s de longo período.

Segundo o Projeto de Gestão de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul (2001), de toda a área da bacia, apenas 10% estão comprometidos com ocupação urbana. Os cultivos de arroz se localizam nas várzeas do médio curso do ribeirão enquanto que o núcleo urbano de Guaratinguetá se localiza no baixo curso junto à confluência com o Rio Paraíba do Sul. As demandas hídricas por tipo de uso são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Demandas hídricas na bacia do ribeirão Guaratinguetá

<b>USO</b>	<b>DEMANDA (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
Agricultura	2,46	Estimativa
Piscicultura	0,09	Estimativa
Abastecimento urbano	0,32	SAAEG
Total	2,87	-----

Fonte: SAAEG 2005

A região apresenta grande variação climática devido à grande amplitude de relevo e às depressões intermontanas com temperaturas mais elevadas na porção

mais à sudeste, onde estas são acrescidas do impacto da urbanização, e temperaturas mais baixas na região da Serra da Mantiqueira, devido às maiores altitudes.

Segundo a classificação de Köppen, que leva em consideração aspectos como, vegetação, temperatura, precipitação e sazonalidade, o Município de Guaratinguetá pertence à classe climática Cwa, que corresponde ao clima mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, e temperatura média superior a 22° C no mês mais quente. A temperatura média das máximas registradas é de 35° C e a temperatura média das mínimas registradas é de 3,9° C (SAAEG 2005).

A configuração geográfica da bacia em relação ao limite do município de Guaratinguetá pode ser observada na Figura 3, bem como a localização da área de estudo.

A bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá localiza-se na área de escudos cristalinos (complexos cristalinos) que margeiam a bacia sedimentar de Taubaté, que é constituída por rochas datadas do Período Arqueano sendo, portanto, uma das mais antigas do planeta.

A região da Bacia do Ribeirão Guaratinguetá é formada por rampas e aclives de terrenos (escarpas) da Serra da Mantiqueira configurando, assim, o segundo degrau do planalto brasileiro, e também por planícies modeladas em rochas sedimentares delimitadas pelos aclives e por patamares que remetem aos antigos níveis de erosão, interrompidos por falhas. Os vales, por sua vez, apresentam grande quantidade de aluviões. (SAAEG 2005).

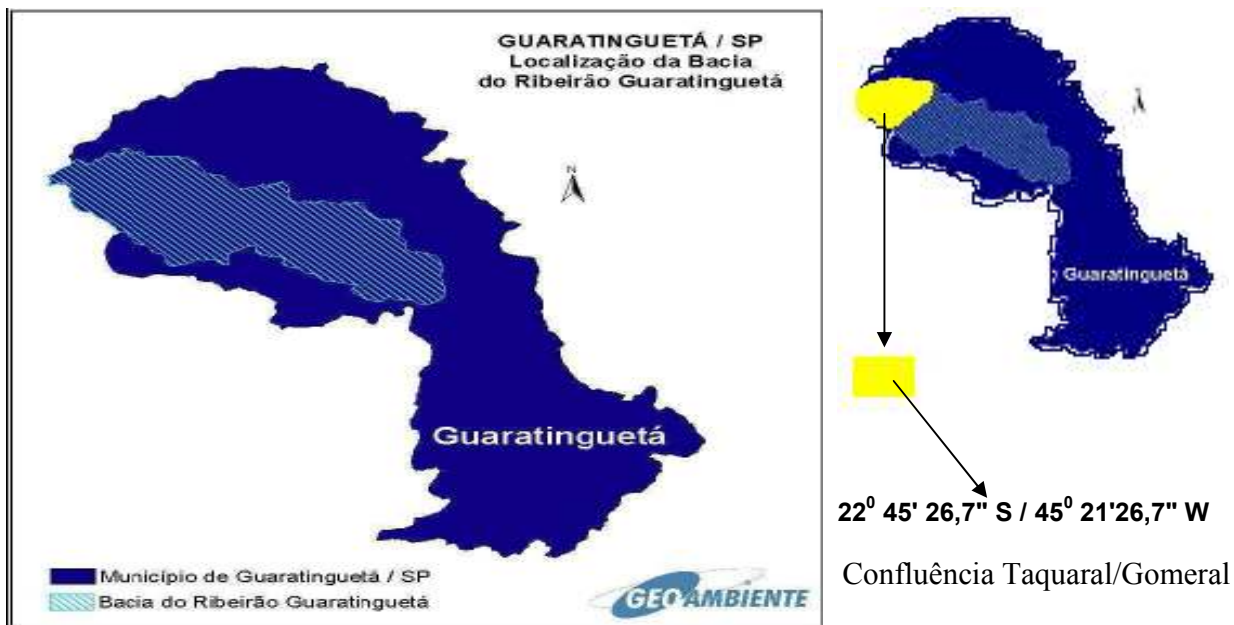


Figura 3 : Limite da Bacia do Rio Guaratinguetá (área 163 km<sup>2</sup>) e localização da área de estudo (sub-bacias da porção superior correspondentes aos ribeirões Taquaral e Gomeral). Fonte: SAAEG 2005

Na região, pode-se observar a ocorrência tanto de aluviões recentes (no leito maior dos rios) quanto antigos (nos terraços escalonados dos rios).

### 2.3 Microbacia Hidrográfica

Segundo Lima e Zakia (2000), microbacia hidrográfica é aquela cuja área é tão pequena que a sensibilidade a chuvas de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não é suprimida pelas características da rede de drenagem.

Como referência de estudo, a bacia hidrográfica é uma unidade ecossistêmica e morfológica que integra os impactos das interferências antrópicas sobre os recursos hídricos (JENKINS *et al.*, 1994). Como uma manifestação bem definida de um sistema natural aberto, a microbacia hidrográfica funciona através

de contínua troca de energia e de matéria com o meio (recebe energia e materiais solúveis). De sorte que a qualidade final da água do riacho é o resultado integrado de todos os fatores intrínsecos de cada microbacia, inclusive de sua cobertura vegetal (WALLING, 1980). A microbacia hidrográfica, como unidade natural da paisagem, vem demonstrando cada vez mais sua condição singular e muito conveniente de definição espacial de um ecossistema, dentro da qual é possível o estudo detalhado das interações entre o uso da terra e a qualidade da água (NELSON, 1973; LIKENS, 1985).

## **2.4 Ciclo Hidrológico**

Atualmente, abordam-se os efeitos do aquecimento global como um todo, mas sem dúvida, uma das sérias conseqüências desse fenômeno mundial seria a escassez de água, principal recurso potencialmente renovável utilizado pela sociedade.

Em Souza Pinto (1973), considera-se que toda a água utilizável pelo Homem provenha da atmosfera, ainda que este conceito tenha apenas o mérito de definir um ponto inicial que, na realidade, é fechado. A água pode ser encontrada na atmosfera sob a forma de vapor ou de partículas líquidas, ou como gelo e neve.

Resumidamente, o ciclo hidrológico da Terra, segundo o mesmo autor, é assim representado:

- Parte da precipitação não atinge o solo, seja devido à evaporação durante a própria queda, seja porque fica retida pela vegetação. A essa última perda (com relação ao volume que atinge o solo) dá-se a denominação de intercepção.

- Do volume que atinge o solo, parte nele se infiltra, parte se escoia sobre a superfície e parte se evapora, quer diretamente, quer através das plantas por meio do fenômeno conhecido como evapotranspiração.

## 2.5 Matas ciliares

Mata ciliar, para os leigos são aquelas pequenas florestas verdes que sempre crescem em volta dos rios e nascentes onde se une o útil ao agradável, a árvore sacia sua sede e a nascente mantém sua umidade e desta forma não seca jamais (KAGEYAMA, 1986).

O desmatamento em áreas de APP (Áreas de Preservação Permanentes) é um dos principais problemas observados na região. Especificamente a não observância no cumprimento do Código Florestal quanto à preservação da faixa de vegetação ciliar conforme a situação (Quadro 1).

**Quadro 1.** Largura da faixa de vegetação ciliar de acordo com a legislação vigente. (Lei N° 4771/65 modificada pela Lei N° 7803/89).

LARGURA MÍNIMA DA FAIXA	SITUAÇÃO
30 m em cada margem	Rios com menos de 10 m de largura
50 m em cada margem	Rios com 10 a 50 m de largura
100 m em cada margem	Rios com 50 a 200 m de largura
30 m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios em áreas urbanas
Raio de 50 m	Nascentes
Totalidade (áreas integralmente preservadas)	Topos de Morros > 45° em relação ao total

Sabe-se que a cobertura vegetal em uma região é fator de muita relevância para a manutenção dos mananciais e o equilíbrio ecológico como um todo, e que, o volume de água que infiltra no solo é vital para a continuidade das nascentes e rios. De acordo com Simões (2001), a recomposição da mata ciliar constitui um

dos fatores que compõe o manejo adequado da bacia hidrográfica visando garantir a quantidade da água e a biodiversidade, juntamente com outras práticas conservacionistas como a proteção das zonas de recarga acima das nascentes através de uso adequado do solo, o que é fundamental para a recarga do lençol freático, e a existência de matas de topo de morro.

Segundo Castro (1999) *apud* Alvarenga (2004), a floresta é importante para a estabilidade das vertentes formadoras das nascentes, aumentando a infiltração da água no solo e evitando a erosão.

Oliveira Filho *et al.* (1994) *apud* Donadio *et al.* (2005) afirmam que a devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de cursos d'água, além do comprometimento da fauna silvestre. Arcova e Cicco (1997) salientam que nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores.

Na bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá pode-se constatar grande perda da cobertura florestal nativa (principalmente mata ciliar) e sua substituição por pastagem conforme mostra a Figura 4.



Figura 4 – Área de confluência Taquaral/Gomeral (F.Celso 1996)

Analisando-se uma parte da área (mais próxima da Serra da Mantiqueira) por meio de fotografia aérea oblíqua, percebe-se que a preservação da mata ciliar é bastante escassa, sendo predominante a cobertura por pastagem, Figura 5.



Figura 5 – Foto área oblíqua que permite observar a ausência de mata ciliar ao longo dos corpos d'água. (Foto: F. Celso 1996)



## 2.6 Nascentes

De acordo com a legislação ambiental vigente, todas as nascentes encontradas no território nacional são consideradas Áreas de Preservação Permanente, portanto, deveriam possuir uma área preservada de mata ciliar de no mínimo 50 metros de raio no entorno do olho d'água.

A área de estudo, por ter uma topografia acidentada, possui a maior parte das nascentes classificadas como “Nascentes de Encosta”, conforme Valente e Gomes (2005), conforme Figura 6.

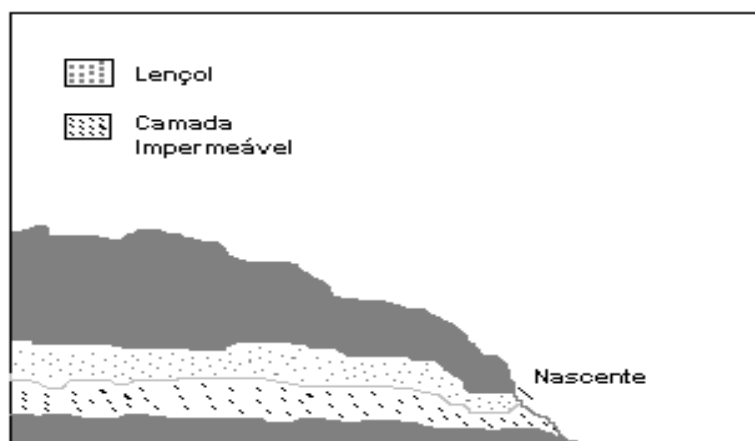


Figura 6 – Ilustração da uma nascente de encosta em relação ao lençol freático e à topografia. Fonte: Valente e Gomes, 2005.

Ainda segundo Valente e Gomes (2005), as nascentes podem ser também classificadas quanto à persistência de seu fluxo, ou seja:

- Nascentes perenes que manifestam-se essencialmente durante todo o ano, mas com vazões variando ao longo do mesmo.

- Nascentes intermitentes que fluem durante a estação chuvosa, mas secam durante a estação seca. Em épocas muito secas e em locais onde o leito do curso d'água é formado por material muito poroso, o seu ponto de afloramento pode ficar muito difuso.

- Nascentes temporárias ou efêmeras que ocorrem somente em resposta direta à precipitação. São mais freqüentes nas regiões áridas e semi-áridas, mas ocorrem em todos os tipos de clima.

## **2.7 Desmatamento ou supressão da vegetação**

Nas últimas duas décadas tem aumentado a preocupação mundial com o crescimento alarmante da taxa de desmatamento das florestas tropicais e com o seu impacto na biodiversidade do planeta. Embora ocupem apenas 7% da área total da Terra, as florestas tropicais abrigam metade de sua biodiversidade (RAVIKANTH et al., 2000). Entre 1990 e 2000, a taxa média anual de desmatamento mundial destas florestas foi estimada em  $15,2 \times 10^6$  hectares. Na América do Sul desmataram-se em média  $3,72 \times 10^6$  ha/ano, enquanto neste mesmo período o Brasil perdeu  $23 \times 10^6$  hectares de suas florestas (FAO, 2001).

Cabe lembrar que o desmatamento no Brasil começou no início do século XVI, quando foram descobertas as primeiras reservas de pau-brasil e sua conseqüente exploração indiscriminada. No Vale do Paraíba o desmatamento esteve ligado historicamente à extração madeireira e à expansão agropecuária, principalmente as monoculturas de café e cana-de-açúcar e, após sua queda, a pecuária permanece na região até os dias de hoje. Atualmente este território está

dividindo espaço com o plantio de eucalipto, o qual traz consigo a preocupação quanto ao consumo de água nas áreas plantadas, fato que vem gerando muitas controvérsias na região. Visto que, apesar de possuir um consumo semelhante ao da floresta nativa quando adulto, as árvores de eucalipto são cortadas a cada 6 ou 7 anos para fins comerciais e, logo em seguida, reiniciam um novo ciclo de crescimento com alto consumo de água até atingirem o porte adulto.

Segundo Sato *et al.* (2007) *apud* Zhou *et al.* (2002) demonstram que em estudo realizado no sul da China entre os anos de 1983 e 1989, ocorreu um rebaixamento de 80 centímetros do lençol freático nas áreas plantadas com eucalipto quando comparadas com áreas de controle desmatadas, isto porque o plantio de eucalipto teria uma maior capacidade de absorção de água pelas suas raízes, reduzindo a recarga do aquífero.

O desmatamento em áreas de encostas não é permitido pela legislação ambiental vigente, a qual proíbe a retirada de mata em áreas que possuam declividade superior a 45°, situação esta, bastante comum na área de estudo devido às características da topografia local.

O conjunto de estudos fitossociológicos e florísticos realizados nas florestas de encosta do Estado de São Paulo constata uma elevada riqueza e biodiversidade de espécies arbóreo-arbustivas (MANTOVANI, 1999). Portanto, por estar inserida no Bioma Mata Atlântica, a preservação e a recuperação das áreas já degradadas é de suma importância para o equilíbrio dos ecossistemas locais.

Parte do elevado grau de degradação da vegetação nativa da área de estudo pode ser observada na Figura 7. O círculo vermelho mostra a localização da confluência dos ribeirões Taquaral e Gomerál e, conseqüentemente, o início do

Ribeirão Guaratinguetá. Pode-se observar na foto aérea que grande parte da área localizada acima do ponto de confluência está desprovida de cobertura florestal, bem como as porções mais abaixo da foto, mas que estão fora da área de estudo.



○ Confluência Taquaral / Gomerai

Figura 7- Vista aérea da área de estudo com destaque para a localização da confluência dos rios Taquaral e Gomerai e, portanto, início do Ribeirão Guaratinguetá. Foto: F. Celso, junho de 1998.

## **2.8 Erosão por supressão da cobertura vegetal**

Do latim *erodere* (escavar) originou-se o termo erosão, que de forma simplificada significa a perda de partículas do solo devido à sua exposição às intempéries, como por exemplo, precipitação, vento e raios solares.

Hoje, sabe-se que a ação antrópica também interfere na ocorrência de processos erosivos, principalmente na retirada da cobertura vegetal natural sem o devido manejo para a sustentabilidade dos recursos florestais.

Segundo Silva *et al.* (2007), a erosão do solo é um processo complexo, no qual vários fatores exercem influência com forma e magnitude variáveis, conforme o local de ocorrência. Dentre os principais fatores destacam-se: o tipo de solo, o embasamento geológico, o clima, a topografia, a cobertura e o manejo do solo. Na área de estudo, os fatores relacionados com os processos erosivos podem ser descritos da seguinte forma:

- Tipo de solo: Latossolo vermelho distrófico conhecido por sua baixa tolerância à erosão, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Limites de tolerância à perdas por erosão para alguns solos do Estado de São Paulo (parcial).

Solos (com a denominação atualizada das classes)	Tolerância por perdas de solo (t há <sup>-1</sup> )	
	Amplitudes observadas	Média ponderada em relação à profundidade
Latossolo roxo	10,9-12,5	12,0
Latossolo verm. Amarelo	11,5-13,3	12,3
Latossolo verm. Amarelo Fase arenosa	13,6-15,3	14,2

Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

- Topografia: O relevo tem predominância escarpada com alterações bruscas nas angulações do terreno, o que favorece o incremento do escoamento superficial na bacia, aumentando assim a intensidade dos processos erosivos.

- Cobertura e manejo do solo: de acordo com as observações realizadas em campo e a análise das fotos obtidas (aéreas e terrestres), estes são dois fatores de grande importância para os processos erosivos observados na região, pois, historicamente, a região foi desmatada para o plantio de café e, com o

esgotamento do solo, a área foi aproveitada para a criação de gado, o que determina o quadro atual de cobertura do solo, ou seja, a predominância de pastos, principalmente do gênero *brachiaria*, como pode-se observar na Figura 8.



Figura 8 - Predominância de pastagem na área de estudo.  
Foto: Dermeson Carvalho, (2008).

Os impactos que os processos erosivos causam nos recursos hídricos podem ocorrer em níveis local e regional, sendo associados principalmente a: modificações na hidráulica fluvial e na dinâmica da sedimentação fluvial, assoreamento dos rios e conseqüente entalhamento do mesmo, conforme se observa na Figura 9.



Figura 9. Assoreamento do leito do rio pelo acúmulo de sedimento erodido das encostas desprotegidas. Foto: Dermeson Carvalho, (2005).

### **2.8.1 Tipos de Erosão**

Segundo Marco da Silva *et al.* (2007), a erosão hídrica pode ocorrer das seguintes formas:

- Laminar: caracterizada por ocorrer a remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial. A Figura 10 ilustra o resultado desse tipo de erosão na área de estudo. O tipo de solo é fator importante a ser considerado no tocante à ação erosiva das gotas de água, sendo esta ação dependente do grau de coesão das partículas de solo (Barros, 1956).



Figura10. Erosão laminar na área de estudo.  $22^{\circ}44'3''S$  /  $45^{\circ}22'7''O$ . Foto: Dermeson Carvalho, (2008).

- Linear: caracterizada pela formação de canais de freqüência e dimensões variáveis, conforme as características da chuva, relevo e solo. É interessante o efeito dessa característica em relevos acidentados, pois uma vez iniciada a abertura de canais estreitos, quando há a ocorrência de novas enxurradas, a remoção de solo nesses canais pode ser muito intensa, aumentando sua profundidade e formando as chamadas “voçorocas”. A topografia da área de estudo sem dúvida favorece esse tipo de erosão como pode ser observado na Figura 11.





Figura 11. Efeito da erosão linear e formação de voçoroca na área de estudo.  $22^{\circ} 43'8''\text{S}$  /  $45^{\circ} 23'7''\text{O}$ . Foto: Dermeson Carvalho, 2008.

- Deslizamento: Caracterizado pelo deslizamento coletivo do solo e também de fragmentos rochosos, com deslocamento por ação da gravidade de grandes porções do terreno em épocas de chuvas intensas e continuadas. Estas porções contêm terras em situação de saturação extrema, em que ocorre a perda de coesão das partículas de solo, e que se movem em escarpas ou vertentes íngrimes.

- Fluvial: Processa-se de modo contínuo pela ação das correntes dos rios. É de grande importância na modelagem fluvial, podendo explicar a formação dos rios e da rede hidrográfica. O material erodido é transportado pelos rios, sendo depositados ao longo de seu curso, recebendo a denominação de aluviões.

## **2.9 Qualidade das águas superficiais**

Segundo o Relatório de Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2006), os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações de forma sistemática e acessível para os tomadores de decisão e, claro, tornando as informações acessíveis ao público em geral. Para efeito de estudo, a avaliação de qualidade das águas é composta pelos seguintes índices:

- Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP);
- Preservação da Vida Aquática (IVA);
- Balneabilidade (IB).

É preciso salientar que qualidade da água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas e que, de acordo com esses parâmetros, são estipulados seus diversos usos e aplicações, de acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Número 357 de 2005.

Segundo Merten (2002), a ocupação e o uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos

dos sistemas naturais. Estas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água.

De acordo com matéria publicada na Agência Brasil (2004), o Projeto Científico LBA desenvolvido na Região Norte do Brasil por diversas Universidades Nacionais e Internacionais, constatou que a qualidade da água dos rios está diferente nas áreas desmatadas da Amazônia. Ao analisar pequenos rios, de cerca de dois metros de largura, eles constataram ainda que há redução na diversidade biológica. O estudo enfatiza a alteração química da água o que pode explicar a perda da diversidade biológica constatada.

## **2.10 Sensoriamento Remoto**

Com o desenvolvimento dos estudos sobre a teoria da luz, os avanços no campo da óptica e da espectroscopia e de experimentos com substâncias foto-sensíveis, o francês Niepa pôde gerar, em 1822, a primeira imagem fotográfica fazendo uso de uma câmara primitiva e papel quimicamente sensibilizado à luz. Este evento deu impulso às pesquisas sobre incorporações de lentes nas câmaras fotográficas e novos tipos de emulsões fotográficas que pudessem registrar os objetos observados. Com a descoberta de que a celulose se dissolve numa solução de álcool e éter, o inglês Archer, em 1851, utilizou uma película de celulose como base para os sais de prata, sensíveis à luz de tal forma que o processo fotográfico pode ser amplamente difundido. A partir daí, ocorreram as primeiras aplicações do uso de fotografias na área militar. Este processo permitiu ao homem registrar, de forma instantânea, o que se observava ao seu redor (INPE, 2008). Atualmente, sabe-se que as atividades antrópicas influem

diretamente no equilíbrio ecossistêmico do meio ambiente. De acordo com Osaki (1994), as mudanças e alterações quali-quantitativas na água dos rios resultantes das atividades antrópicas de uso, manejo e gestão podem ser facilmente detectadas através do monitoramento, controle e análise das vazões nos rios. Ainda segundo Dias *et al.* (2006), a aquisição de dados com alta resolução espectral e espacial permite a identificação mais detalhada das feições relacionadas à qualidade de água nos corpos d'água.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Guaratinguetá, Estado de São Paulo, região Sudeste do Brasil. Esse município possui 751 km<sup>2</sup> e limita-se com os seguintes municípios (Figura 12):

- Ao norte com Campos do Jordão (SP), Piquete (SP) e Delfim Moreira (MG);
- Ao sul com Cunha (SP) e Lagoinha (SP);
- À leste com Lorena (SP);
- À oeste com Pindamonhangaba (SP), Potim (SP) e Aparecida (SP).



Figura 12. O município de Guaratinguetá e seus municípios limítrofes. Fonte SAAEG (2005).

O Ribeirão Guaratinguetá, principal curso d'água do município, é também um dos principais contribuintes do Rio Paraíba do Sul. Sua bacia hidrográfica possui uma área de 163,49 km<sup>2</sup> e uma precipitação média anual de 1536,3 mm segundo o Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH). A empresa responsável pelo gerenciamento, uso e distribuição desse recurso na cidade é a SAAEG (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guaratinguetá), a qual realiza a captação e tratamento de água no Bairro Jardim Aeroporto. O Ribeirão Guaratinguetá é formado pela confluência de dois ribeirões Taquaral e Gomeral. A área de estudo encontra-se na porção superior da bacia do Ribeirão Guaratinguetá, na área das sub-bacias dos Ribeirões Gomeral e Taquaral, e possui uma área de cerca de 70 km<sup>2</sup>. Um dos principais problemas encontrados na região é a perda de cobertura vegetal e a conseqüente ocorrência de processos erosivos seguidos do assoreamento do leito dos rios. A Figura 13 ilustra a rede de drenagem sobre uma imagem Landsat 7 da área de estudo destacada em amarelo.

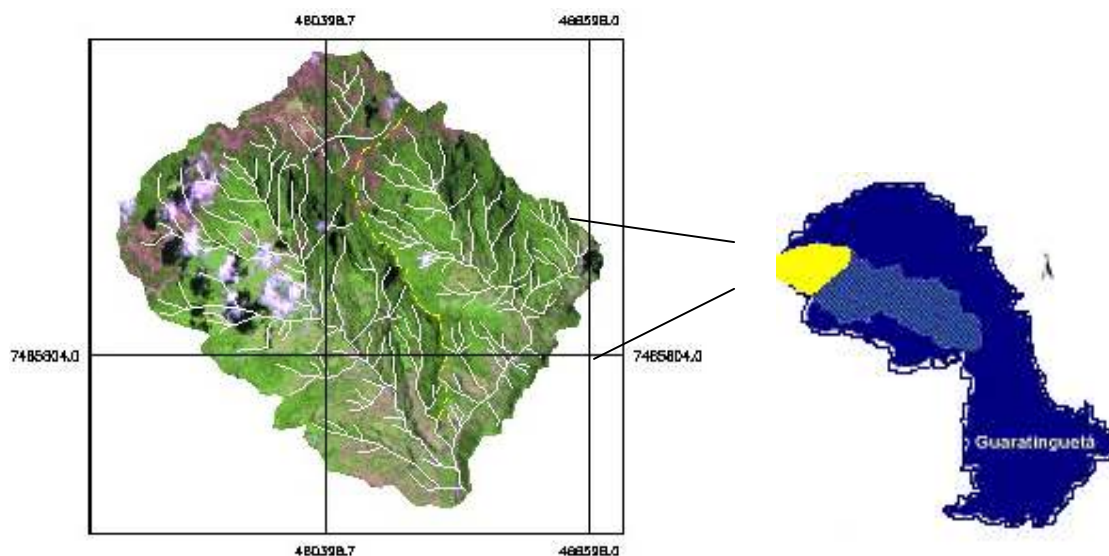


Figura 13. Detalhe da rede de drenagem na área de estudo.

### 3.2 Amostragem de água

A Bacia do Ribeirão Guaratinguetá situa-se entre 527 metros de altitude, próxima à sua foz, e 2.007 metros na área da nascente do Ribeirão do Sino (contribuinte do Ribeirão Gomerál). Os pontos de coleta, no total de três, situam-se nos ribeirões Taquaral e Gomerál a uma altitude média de 670 metros, onde foram realizadas 12 coletas mensais de água para realização de análise físico-química e microbiológica. As análises de água foram realizadas no Laboratório de Processos Biológicos Aplicados ao Meio Ambiente (LPBAMA) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU). As Figuras 14, 15 e 16 ilustram as condições dos pontos onde foram realizadas as coletas e as medições de vazão.



Figura 14. Ponto de amostragem número 1 com coordenadas geográficas  $22^{\circ} 45'23,7''\text{S}$  e  $45^{\circ} 21' 34,1'' \text{W}$  e altitude de 640 m. Foto: Dermeson Carvalho (2007).



Figura 15. Ponto de amostragem número 2 com coordenadas geográficas  $22^{\circ} 45' 26,7''\text{S}$  e  $45^{\circ} 21' 26,7''\text{W}$  e altitude de 663 m. Foto:Dermeson Carvalho 2007.





Figura 16. Ponto de amostragem número 3 com coordenadas geográficas  $22^{\circ}43'42,9''\text{S}$  e  $45^{\circ}20'23,7''\text{W}$  e altitude de 706 m. Foto: Dermeson Carvalho (2008).

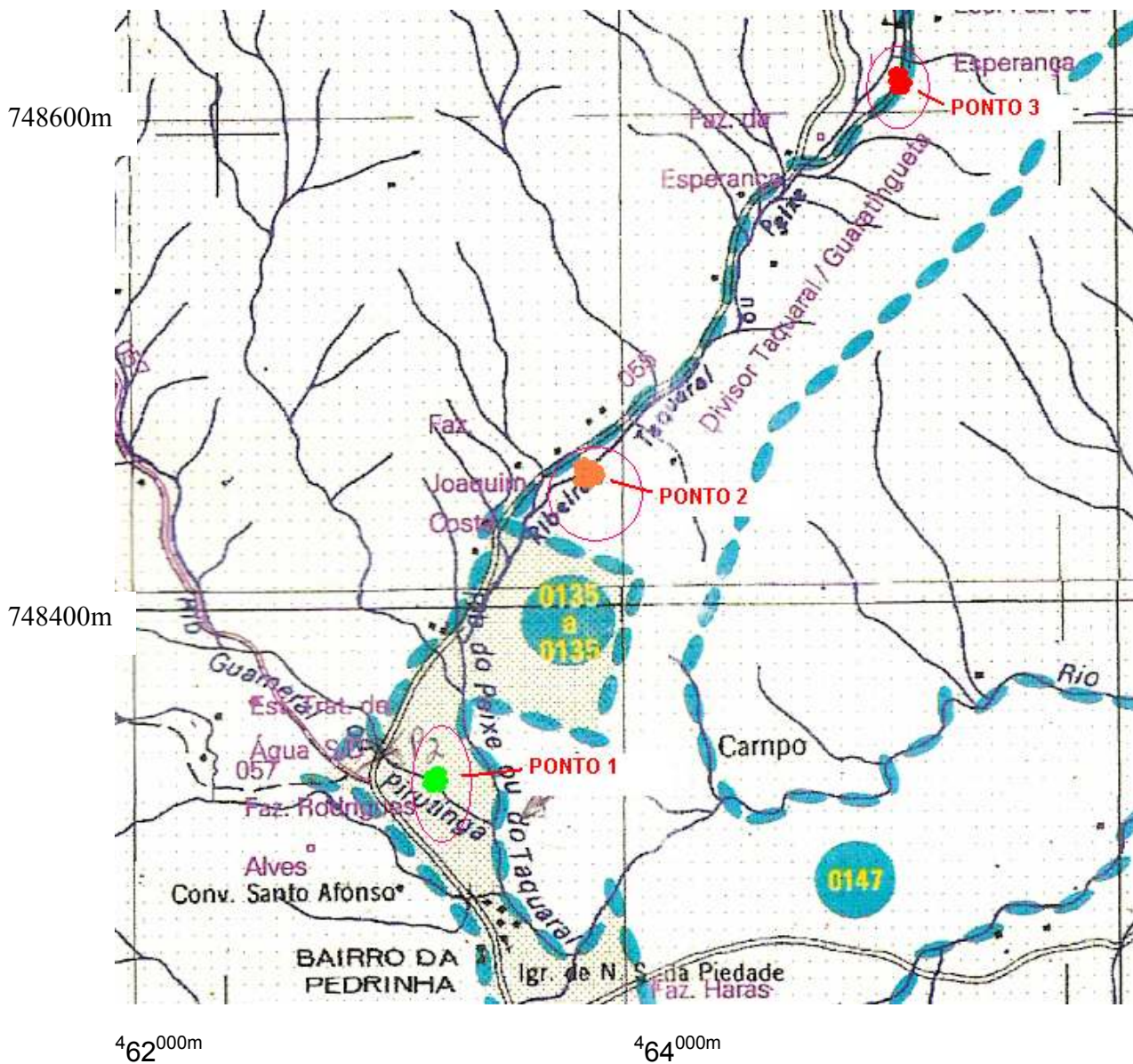


Figura 17- Localização dos pontos de amostragem. Fonte: Adaptação Carta IBGE Guaratinguetá 2007, 1:50.000.

Para determinação das coordenadas e rumos durante o estudo foi utilizada uma bússola e um receptor GPS modelo GARMIN 76. Para apoio de campo e análise topográfica preliminar foi utilizada a carta topográfica de Guaratinguetá na escala 1:50.000. Dessa carta, foram localizados pontos onde deveriam existir nascentes e alguns pequenos cursos d'água contribuintes do Ribeirão

Guaratinguetá. Pôde-se, assim, identificar a existência ou não desses corpos d'água na área de estudo.

### **3.3 Avaliação das alterações na cobertura do solo**

As avaliações das alterações na cobertura do solo foram realizadas por meio da interpretação visual de imagem orbital do satélite Landsat 7 obtida no ano de 2008 utilizando-se as bandas 3, 4 e 5 na seguinte composição colorida, 5R (vermelho), 4G (verde), 3B (azul). Essas bandas permitem identificar diferentes tipos de vegetação pelas respostas espectrais nas regiões do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio do espectro eletromagnético. As alterações foram identificadas tomando como base a premissa de que toda a área deveria ter sido coberta por floresta antes da ocupação antrópica. Como auxílio na interpretação das imagens, foram utilizadas fotos aéreas bem como visitas a campo a locais de interesse (enfocando a falta da cobertura vegetal e os processos erosivos existentes na área) com identificação por coordenadas tomadas com GPS e aquisição de fotografias digitais.

### **3.4 Medidas de vazão**

Medições de vazão foram realizadas simultaneamente nos Pontos 1 e 2 em todas as coletas utilizando o método de flutuador (medida de velocidade da corrente tomada sobre um trecho de 10 metros com três cronometragens para determinar o tempo médio e, assim, calcular a velocidade de fluxo da corrente). Tomou-se, também, quatro medidas de profundidade e largura da calha nos pontos de amostragem para calcular a área do canal e, assim, determinar a vazão.

Essas medições permitem avaliar a situação atual da quantidade e qualidade dos recursos hídricos na área de estudo e suas variações ao longo do ano.

### **3.5 Análise de água**

As coletas de água para análise em laboratório ocorreram também num período de 12 meses a partir de agosto de 2007. Foram coletadas amostras dos Ribeirões Taquaral e Gomerl nos três pontos de coleta (conforme Figura 17) para que fossem analisadas as condições básicas de qualidade da água nos dois cursos d'água. Os parâmetros analisados e suas respectivas descrições seguem o que foi descrito no Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo de 2003 (CETESB 2003), conforme segue:

- *Cor*: A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos, etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira, etc.). Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de

ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de coloração na água, em geral, é o estético já que causa um efeito repulsivo aos consumidores.

- *Temperatura*: Variações de temperatura são partes do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas.

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Nas doze coletas realizadas (sempre entre 08h30min e 09h30min), verificou-se uma temperatura média de 17 graus centígrados (água superficial), sendo utilizado um termômetro de mercúrio.

- *Turbidez*: A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo, mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar as comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreativo de uma água.

- *Cloreto*: O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

- *Condutividade*: A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

- *Oxigênio Dissolvido*: O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. A referência para uma água

superficial a 20°C, por exemplo, é igual a 9,2 mg/L(miligramas de oxigênio dissolvido por litro de água).

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de re-aeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa.

- *Potencial Hidrogeniônico (pH)*: Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; Outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal (Resolução nº 20 do CONAMA, de junho de 1986), como pela legislação do Estado de São Paulo (Decreto no 8468/76). Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

O pH é padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,5 e 8,5, de acordo com a Portaria 1469 do



Ministério da Saúde. Outros processos físico-químicos de tratamento como o abrandamento pela cal, são dependentes do pH.

- *Coliformes Fecais*: As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera. Foi utilizada a técnica dos Tubos Múltiplos e Meio A1 na análise desse parâmetro.

- *Sólidos Sedimentáveis*: A determinação da quantidade de partículas físicas em suspensão na água é importante porque estas influem diretamente na potabilidade da água. O método utilizado para estimar a quantidade de sólidos existentes em cada amostra de água foi o gravimétrico, ou seja, pela determinação dos sólidos sedimentáveis.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 18 pode-se observar a distribuição da rede hidrográfica na área de estudo (sub-bacias do Gomerai e Taquaral). O divisor das duas sub-bacias é ilustrado pela linha tracejada em amarelo na figura. Pode-se observar na figura que a área da sub-bacia do Gomerai (oeste) é relativamente maior que a do Taquaral.

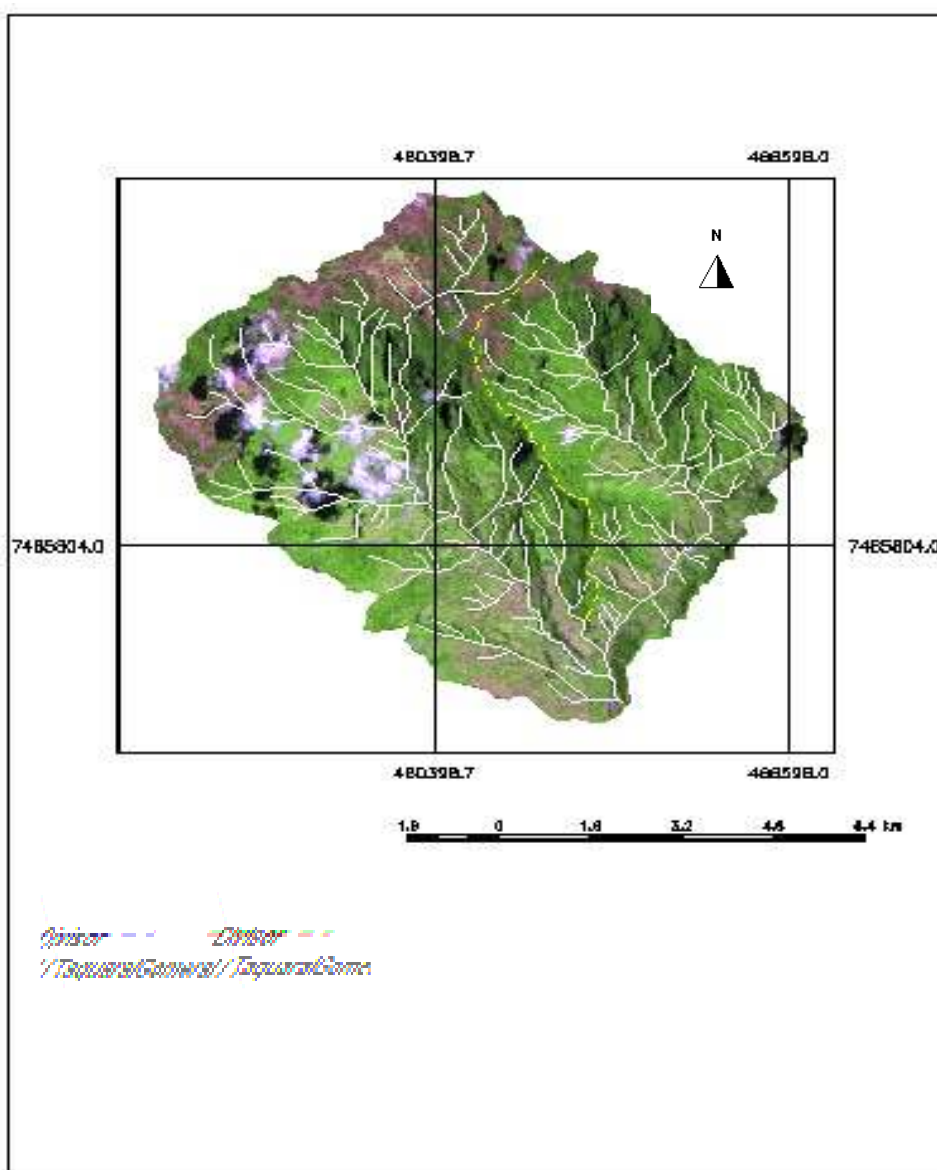


Figura 18 - Hidrografia das sub-bacias dos Ribeirões Gomerai e Taquaral.

O uso do aplicativo “Spring” versão 4.3.3 e suas ferramentas foram de suma importância para a obtenção dos dados físicos referentes ao estudo fisiográfico e a obtenção das imagens orbitais apresentadas. Na Tabela 3 pode-se analisar as variáveis utilizadas para a descrição física da área de estudo.

Tabela 3 - Parâmetros físicos da área de estudo:

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Área Total	70,450	Km <sup>2</sup>
Perímetro	37,148	Km
Comprimento máximo(NE-SO)	11,27	Km
Largura máxima (L-O)	10,9	Km
Ponto Culminante	2010	Metros
Índice de Sinuosidade	1,12	---
Cota na confluência Taquaral/Gomeral	650	Metros

O cálculo do Índice de Sinuosidade (Si) descreve o grau de sinuosidade ou divagação dos cursos d'água, constitui um fator controlador da velocidade de escoamento das águas. Corresponde à razão entre o comprimento do rio principal da bacia ( $L_{\text{rio}}$ ) e o seu comprimento vetorial ( $L_{\text{vet}}$ ) e pode ser calculado pela seguinte expressão, (Salgado *et al.* 2008 *apud* Villela e Mattos 1975):

$$Si = L_{\text{rio}} / L_{\text{vet}}$$

No caso específico na área de estudo, o índice apresentado de 1,12 indica uma área de sinuosidade pouco expressiva. Tal resultado, porém, não é o

principal fator controlador do escoamento das águas na região, mas sim a amplitude altimétrica, conforme mostra a Figura 19.

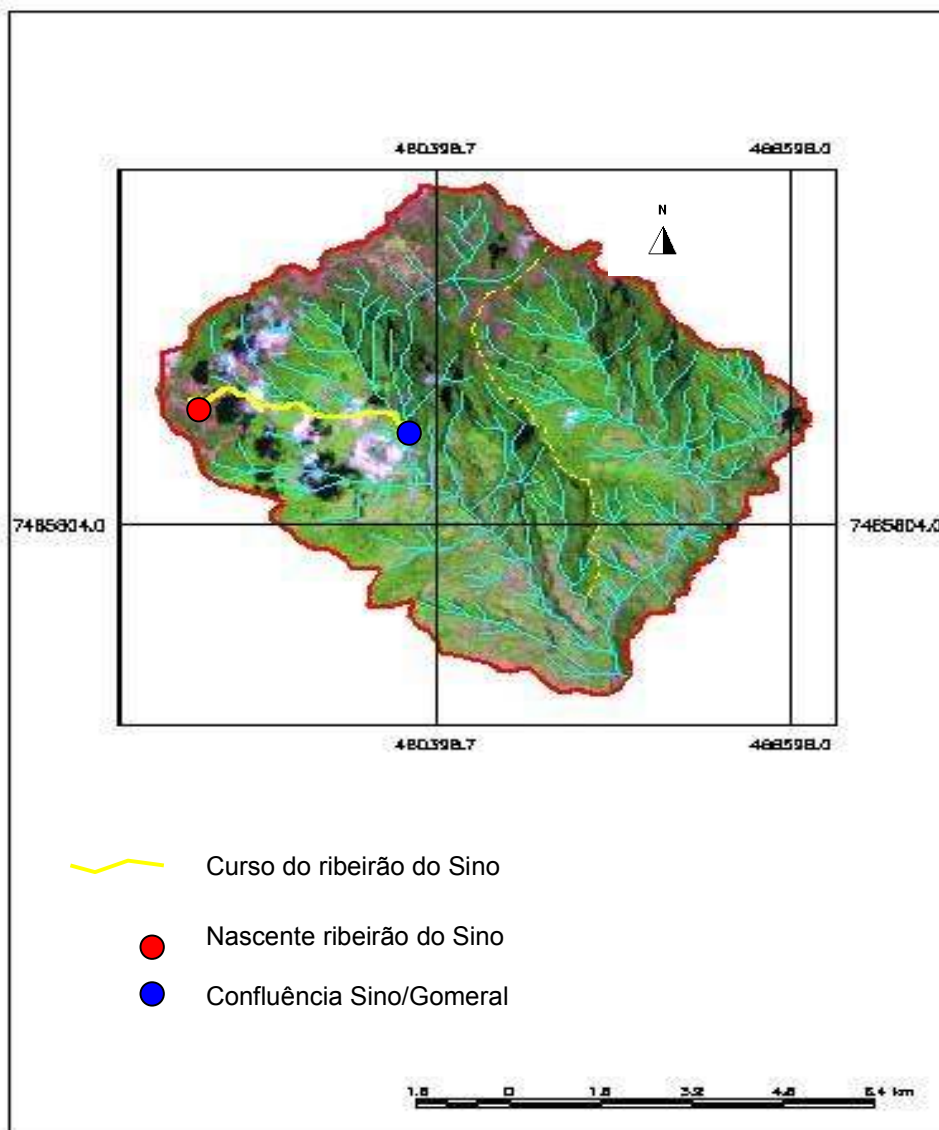


Figura 19 - Índice de declividade Córrego do Sino/Ribeirão Gomerál

Pode-se observar no trecho destacado em amarelo, que corresponde ao curso do Ribeirão do Sino e sua nascente (círculo vermelho) a 2007 m de altitude e seu exultório (círculo azul) a cerca de 800 m de altitude no Ribeirão Gomerál, uma variação de 1207 m de altitude em 4 km lineares, o que corresponde a uma

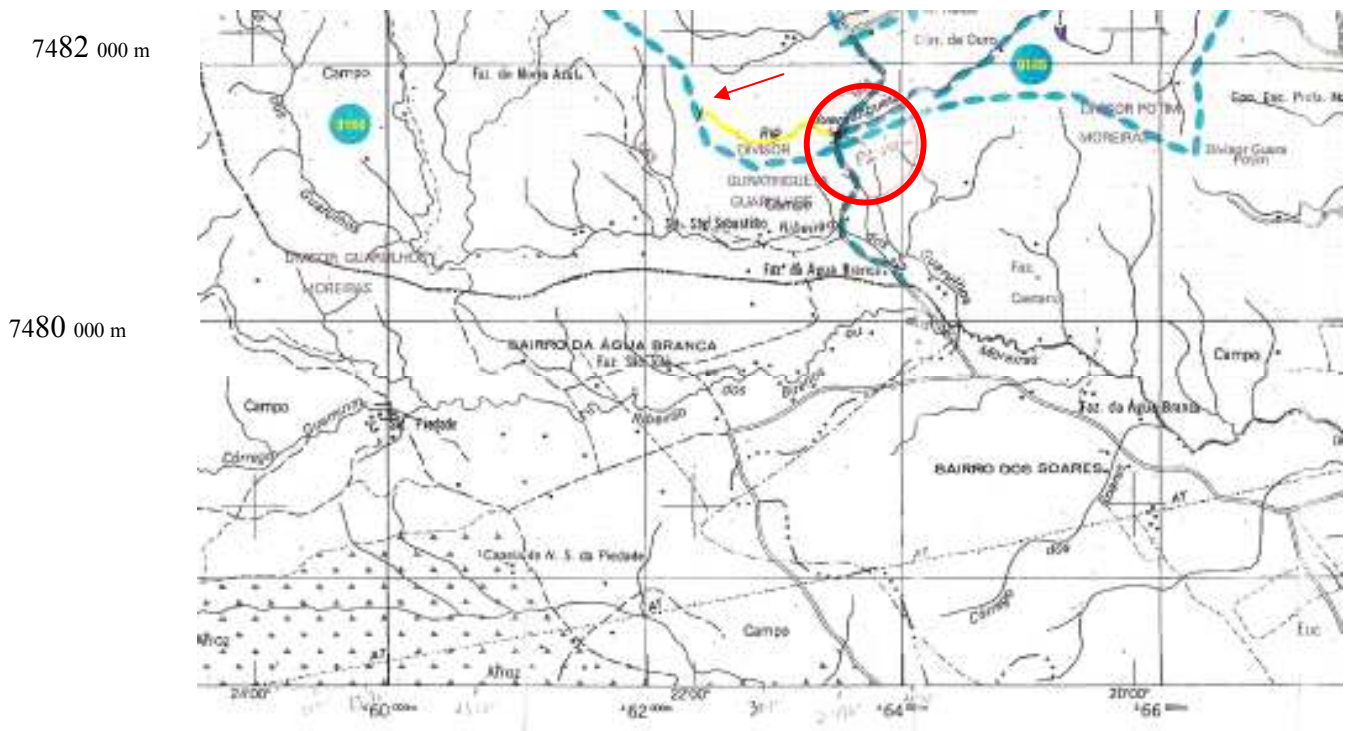
declividade de 302 m por quilômetro. Isso indica a possibilidade de ocorrerem velocidades do escoamento superficial consideráveis, principalmente em eventos de forte precipitação. Por apresentar essa característica topográfica, aliada à falta de vegetação ciliar, a área possui uma grande incidência de processos erosivos e conseqüentemente de assoreamento dos cursos d'água. A nascente do Córrego do Sino também demarca o ponto culminante do Município de Guaratinguetá.


Segundo Marco da Silva *et al.* (2007), a redução da capacidade de infiltração da água no solo implica na redução da disponibilidade de água para as plantas, interferindo também na dinâmica das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera. Assim, baseado nas observações realizadas em campo, o desmatamento e o plantio de eucalipto na região, especificamente em um contribuinte do ribeirão Guaratinguetá (margem direita), pode ter ocasionado o rebaixamento do lençol freático, provocando assim a migração desta nascente. Pois a última atualização da Carta IBGE (2007) 1:50.000, aponta uma nascente mais a montante do que a verificada em visita ao local.



Figura 21 - Plantação de Eucalipto em APP - Dermeson Carvalho (2008).

A nascente mostrada na Figura 21, situa-se no quadrante da Carta IBGE 2007 Guaratinguetá apontado na Figura 22. A seta vermelha na figura corresponde à nascente do córrego conforme o mapa. A área demarcada com círculo vermelho corresponde ao local onde se verificou a presença do olho d'água durante a observação em campo.



 Local correspondente à Figura 21 (Provável rebaixamento de lençol freático).

 Trecho em que se verificou a migração da nascente

Figura 22 – Mapa mostrando a área onde ocorreu a migração de uma nascente (Quadrante 7480 000m; 7482 000 m /  $462^{000m}$ ;  $464^{000m}$ ). Fonte: Adaptação Carta IBGE 2007, 1:50.000.

Os processos de erosão do solo, resultam no carreamento de partículas do mesmo para os corpos d'água, alterando a sua qualidade (turbidez e cor, principalmente) e provocando o assoreamento dos rios. As medidas de controle da erosão do solo contribuem para a proteção da água. Tal situação pode ser verificada analisando-se a Tabela 4.

Tabela 4 - Relação de parâmetros e precipitação nos pontos de coleta 1 e 2.

<b>Parâmetro</b>	<b>P1-08/2007 Chuva – 8mm*</b>	<b>P1-03/2008 Chuva 242mm*</b>
Cloreto Mg/L CL	16,65	25,97
Cor Pt-Co	6,7	117,8
Turbidez NTU	0,77	32,3

\*Fonte: Plataforma de coleta de dados do INPE.

Os resultados apresentados na Tabela 4 permitem inferir sobre essa possível influência e correlação entre vegetação e qualidade da água, pois notou-se que em dias chuvosos ocorreram alterações perceptíveis na cor e turbidez da água, o que pode ter ocorrido pela falta de vegetação ciliar, principalmente devido ao desmatamento em topo de morros e encostas. Ainda que tenha variado de forma considerável, o parâmetro “cor”, especificamente, ficou fora do estabelecido pela Resolução CONANA 357/05 para Classe 02, que é de 75 mg Pt-Co/L, o que já implica em alteração da qualidade da água no local.

As visitas ao local comprovaram o assoreamento da calha dos principais cursos d`água, bem como a migração de algumas nascentes, neste caso por soterramento, conforme demonstrado na Figura 23.



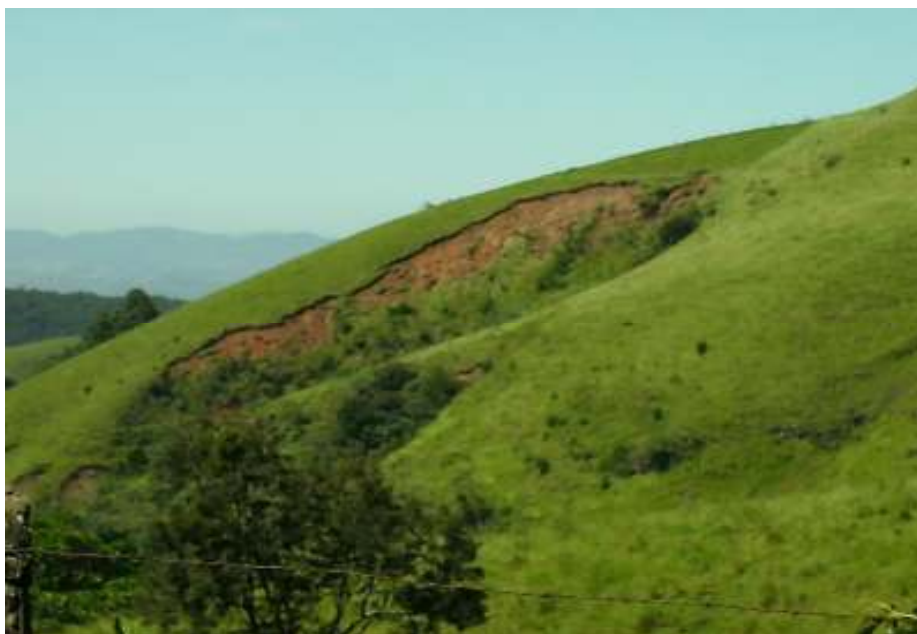


Figura 23 - Encosta com nascente afetada por processo erosivo com consequente migração da nascente,  $22^{\circ} 43'8''\text{S} / 45^{\circ} 23'7''\text{O}$ . Foto: Dermeson Carvalho (2008).

A quantidade de chuva e qualidade da água possui uma relação inversa quando analisado o parâmetro Coliforme Fecal. Na Tabela 4, verifica-se um aumento da coloração nos pontos de coleta com um volume maior de precipitação. Na Tabela 5 pode-se observar que ocorreu o contrário, ou seja, uma diminuição do índice de Coliformes Fecais normalmente associados à diluição causada por eventos mais intensos de chuva.

Tabela 5 - Resultados das análises de Coliformes Fecais realizadas mensalmente.

<b>Meses</b>	<b>Ponto 1 NMP/100ml</b>	<b>Ponto 2 NMP/100ml</b>	<b>Ponto 3 NMP/100ml</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
Setembro 2007	1700	1400	500	44
Outubro 2007	230	230	230	110
Novembro 2007	500	500	230	102
Dezembro 2007	1400	700	300	300*
Janeiro 2008	1100	500	500	172
Fevereiro 2008	700	800	500	204
Março 2008	230	230	230	242
Abril	230	230	230	152
Maiο	1100	500	230	85
Junho	500	300	300	52,5
Julho	1300	800	500	0,0

**\* Até o dia da coleta em 12/12 a precipitação foi de 35mm.**

Os resultados obtidos apontam que em eventos de chuva e consequentemente maior vazão hídrica, a concentração de coliformes foi menor, possivelmente devido a sua diluição na água. A exceção foi no mês de dezembro de 2007, quando a coleta, realizada no dia 12/12/2008 e sem precipitação considerável nas últimas duas semanas anteriores (para a época do ano), sustenta a constatação de uma maior concentração de coliformes fecais em condições de menor vazão. No mês de janeiro foi verificado uma concentração considerável, principalmente no ponto 1 (1100 NMP/100ml), pois a coleta foi

realizada em dia de forte chuva na região com elevado escoamento superficial carreando partículas para o leito do rio com considerável concentração dentro de um curto intervalo de tempo. O que salienta a importância da presença da mata ciliar nas margens dos cursos d'água.

Além das alterações significativas observadas por meio das análises de qualidade da água, as medidas de vazão mostraram variação significativa ao longo das estações do ano, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Vazão média nos pontos de coleta.

<b>Período</b>	<b>Ponto 1 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Ponto 2 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Precipitação Média (mm)*</b>
Agosto à Outubro 2007	1,53	1,11	54
Novembro à Janeiro 2008	2,58	1,44	191
Fevereiro à Abril 2008	7,36	3,48	199
Maió à Julho 2008	2,62	1,30	67

\*Fonte: Plataforma de coleta de dados do INPE.

Em eventos de chuva foi observado um rápido aumento no volume de água e que, também, esse volume diminui rapidamente em função do escoamento. Esse aspecto deve estar relacionado com a falta de cobertura vegetal na área, principalmente de mata ciliar. Eventos como estes certamente provocam efeitos erosivos e de sedimentação nas margens dos ribeirões e, conseqüentemente, o assoreamento dos seus leitos, conforme ilustra a Figura 24.



Figura 24 - Foto do Ribeirão Gomerl mostrando suas margens assoreadas. Foto: Dermeson Carvalho (2009).

A situação atual do uso e cobertura do solo na área de estudo pode ser verificada na figura 25 gerada a partir da análise visual da imagem do sensor Landsat ETM. Nota-se na figura a predominância das áreas amarelas que representam cobertura de pastagem. Cobertura esta associada à atividade pecuária (principalmente de leite) que sucedeu, provavelmente, ao desmatamento provocado pela expansão agrícola (café) no século XIX. Nota-se, também, a reduzida área de cobertura de floresta que deveria predominar nesta região antes da intensificação da atividade antrópica.

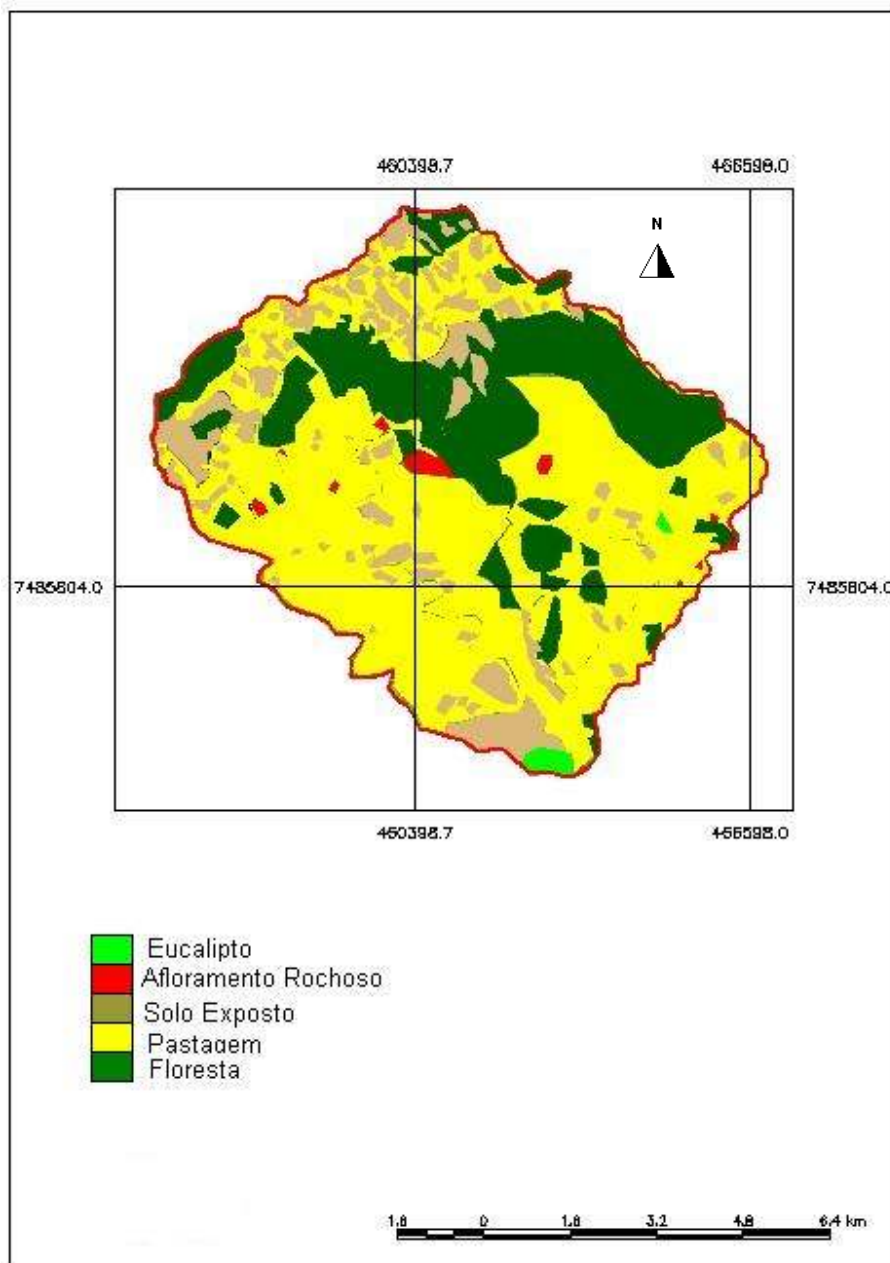


Figura 25 – Mapa do uso e cobertura atual do solo nas duas sub-bacias estudadas.

A Tabela 7 mostra os valores em quilômetros quadrados da área de cada classe de uso e cobertura do solo utilizada neste estudo, bem como a percentagem relativa de cada classe. Os valores da tabela especificam o que se pode observar empiricamente na Figura 25, ou seja, o predomínio da pastagem

(com mais de 59%) e a precária cobertura florestal que foi reduzida a menos de um terço da área (27,1%).

Tabela 7 – Dimensionamento por classes e percentual em relação ao total da área.

<b>CLASSES</b>	<b>ÁREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>PERCENTAGEM</b>
Pastagem	41,863	59,42
Floresta	19,095	27,10
Solo Exposto	8,634	12,25
Afloramento Rochoso	0,485	0,69
Eucalipto	0,373	0,54
<b>Área Total</b>	<b>70,450</b>	<b>100</b>

Diversos estudos indicam uma influência direta do uso e cobertura do solo na qualidade e quantidade de água em bacias hidrográficas. Bonnet *et al.* (2008), em estudo realizado no estado de Goiás, apontam para uma variação dos parâmetros cor e turbidez acima do permitido na resolução CONAMA N°. 357, principalmente nos períodos de cheia, quando o carreamento de sedimentos é maior e mais intenso pela falta de cobertura vegetal apropriada. Neste estudo pode-se afirmar que o mesmo processo ocorre tendo em vista os resultados apresentados acima.

## **5 - Conclusões**

O ribeirão Guaratinguetá é enquadrado na classe 2 (Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA – resolução 20/86 e 357/2005 e SP – Decreto 10.755/1977) da sua confluência com o Paraíba até a confluência com o Ribeirão Gomerál. Deste ponto para montante, ou seja, na área de estudo, todos os rios são enquadrados pela Resolução CONAMA 357 como classe especial e como classe 1 pelo decreto 10.755/1977.

A falta de cobertura vegetal é o principal problema verificado na área de estudo. Esta situação pode ser o principal causador das alterações na qualidade da água e regime dos rios nas sub-bacias Gomerál e Taquaral. Percebe-se também uma tendência natural para ocorrência de processos erosivos, isto pela característica da topografia local (escarpada), aliadas ao perfil predominante do solo (Latosolo Vermelho Distrófico).

As principais alterações limnológicas concentraram-se nas variações da vazão ao longo do ano, com forte tendência à ocorrência de diversas formas de erosão, as quais ocasionam depósitos de aluviões ao longo do trecho dos rios, principalmente do Ribeirão Gomerál, que apresenta em sua sub-bacia relevo mais escarpado e menor taxa de conservação de vegetação em relação ao Ribeirão Taquaral. O carreamento de partículas pode ter ocasionado um aumento considerável nos parâmetros cor e turbidez, indicando alteração na qualidade da água, pois diversos estudos apontam uma relação direta entre a conservação de mata ciliar e a concentração desses parâmetros.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto permitiu a análise do uso e cobertura do solo, bem como a definição e quantificação de parâmetros físicos na área de estudo, como por exemplo, a caracterização da rede hidrográfica das duas sub-bacias e o dimensionamento da área, fatores que auxiliaram na interpretação dos resultados das variáveis limnológicas analisadas no trabalho.

Percebe-se, então, a importância da preservação da cobertura vegetal em bacias hidrográficas e sua relação com a qualidade e quantidade da água bem como com a incidência de processos erosivos. O que também pode interferir com o custo do tratamento da água bruta para abastecimento público.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Projeto gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio paraíba do sul, RJ; Relatório de visita de campo trecho paulista da bacia do rio paraíba do sul, cidades de Guaratinguetá e Taubaté PGRH-RE-02-R0, outubro de 2001.

ALVARENGA, A. P. Avaliação Inicial da Recuperação de Mata Ciliar em Nascentes, Universidade Federal de Lavras, 2004 Minas Gerais p.20-21. Tese de Mestrado.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone Editora, 3 ed. 1990. 355p.

BONNET, B.R.P; FERREIRA, L.G; LOBO, F.C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: Uma análise à escala da bacia hidrográfica. R. Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.311-322, 2008.

CARVALHO, D.E.A. & JUNIOR, H. N. Recuperação de áreas degradadas. 2003, UNISAL, Lorena S.P – 46 p. TCC .

CETESB. Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo: Ano 2006. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2007. Disponível em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap.asp)>. Acesso em 15/06/2008.

CETESB. Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo: Ano 2007. Série Relatórios, Anexo III, 23p. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2007.

CETESB. Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo: Ano 2003. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2003.

DIAS, N. W. BATISTA, G.T. TARGA, M.S. NOVO, E.M.L.M.; BARBOSA, C.S. Sensoriamento remoto para a caracterização do aporte de sedimentos e compostos orgânicos da represa de Paraibuna, São Paulo 2006. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/handle/2315/>>.

DONADIO, N.M.M.GALBIATTI, J.A. DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, 11p. São Paulo, Brasil 2005. APUD OLIVEIRA FILHO, A.T. ALMEIDA, R.J. MELLO, J.M. GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

DONADIO, N.M.M.GALBIATTI, J.A. DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, 11p. São Paulo, Brasil 2005. APUD ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha - SP. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, São Paulo, v.9, n.2, p.153-70, 1997.

FAO. Forest Resources Assessment 2000: Main Report, Rome 2001 APUD SOARES RIBEIRO, Carlos A.A. SOARES, V.P. OLIVEIRA, Ângelo M.S.; GLERIANE, J.M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. SIF (Sociedade de Investigações Florestais), Viçosa MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

FORNELOS, L.F; NEVES, S.M.A.S; Uso de modelos digitais de informação (MDE) geradas a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. Anais 1 Simpósio de Geotecnologias do Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 2006.

JENKINS, A. Hidrology. In: MOLDAN, B.CERNY, cords. *Journal Biogeochemistry of small catchments: a tool for a environmental research.* ( Scope 51). Chechester. John Wiley & Sons 1994.

KAGEYAMA, P.Y. Estudo para implantações de matas ciliares e proteção na bacia hidrográfica do Passa Cindo, visando à utilização para abastecimento publico. DAEE/USP/FEALQ, Piracicaba 1986, 236p. Relatório de Pesquisa.

LIKENS, G.E. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Biology*, v.73, p. 381-396, 1985.

LOBATO, A. A. Levantamento do Uso e das Condições de Conservação da Água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Itaim, UNITAU, Taubaté São Paulo 2003, 75 p. Tese de Mestrado.

MANTIQUEIRA, O Castelo das Águas, p 7-8. SÃO PAULO 2006, Imprensa Oficial.

MANTOVANI, W. Estrutura e dinâmica da floresta atlântica na Juréia, Iguape, S.P. Tese de livre docência APUD TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo, *revista Brasil bot.* São Paulo, v.22, n.2, p.217-223, 1999.

MARTINS, S. V. Recuperação de Matas Ciliares, Viçosa MG, 2001 146 p. Aprenda Fácil Editora.

MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e desenvolvimento rural e sustentável*, Porto Alegre, v.3,n.4,out/dez 2002.

MONTESI, E. C. Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Taubaté utilizando dados do Satélite CBERS. 2003, UNITAU, Taubaté S.P – 120 p. Tese de Mestrado.

NELSON, D.J. Measurement and sampling of outputs from watersheds. In: Reichle,R. *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.258-267.

OSAKI, F. *Microbacias: práticas de conservação dos solos*. Curitiba: Agris. 1994. 603 p.

PAULA LIMA, H.N., ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R.R., Leitão Filho, H.F. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2000. p.33-34.

RAVIKANTH,G.;SHAANKER,R.U.;GANESHAIAH,K.N. Conservation status of forest in Índia: a cause for worry? *Journal of the Indian Institute of Science*,2000 *APUD* SOARES RIBEIRO,Carlos A.A.;SOARES,V.P.;OLIVEIRA,Ângelo M.S.;GLERIANE,J.M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente.SIF (Sociedade de Investigações Florestais), Viçosa MG, v.29,n.2,p.203-212, 2005.

SAAEG – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos de Guaratinguetá. Projeto de monitoramento de qualidade da água do Ribeirão Guaratinguetá– FASE I, Relatório 47p. 2005.

SALGADO,M.P.G.BATISTA, G.T.DIAS,N.W.;TARGA,M.S. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias, UNITAU 2008 *APUD* Villela, S. M. Mattos, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980. 250 p.

SATO, A.M.;AVELAR, A.S.;COELHO NETTO, A.L. *APUD* Zhou, G.Y.; Morris, J.D.; Yan, J.H.; Yu, Z.Y. e Peng, S.L. Hydrological impacts of reafforestation with

eucalypts and indigenous species: a case study in southern China. *Forest Ecology and Management* 67 (1-3): 209-222. 2002.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.D. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas, São Carlos, RIMA, 2007 2ª edição, 153p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.D. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas, São Carlos, RIMA, 2007 2ª edição. APUD BARROS, W.D. A erosão no Brasil. Coleção Mauá, Ministério da viação e obras públicas, 1956.

SIMÕES, L.B. Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias. 2001, 183 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SOUZA PINTO, N L. Hidrologia de Superfície. São Paulo, 1973, 170 p. Ed. Edgard Blucher.

TOMMASI, L. R. A Degradação do Meio Ambiente. São Paulo NOBEL, 1976. 169 p.

VALENTE, O.F. GOMES, M.A. Conservação de nascentes. Viçosa MG, 2005 210p. Aprenda Fácil Editora.

VENTURIERI, A.; FIGUEIREDO, R.O.; WATRIN, O.S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagem Landsat e CBERS na avaliação e mudança no uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. APUD OSAKI, F. Microbacias: práticas de conservação dos solos, Curitiba, Agris 1994 603p.

VENTURIERI, A.; FIGUEIREDO, R.O.; WATRIN, O.S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagem Landsat e CBERS na avaliação e mudança no uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. APUD GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. Drainage basin form and process: a geomorphological approach. London: Edward Arnold Publishers LTDA. 1985.

WALLING, D.E. Water in the catchment ecosystem. In: GOWEN, A.M., ed. Water Quality in Catchment Ecosystems. New York: John Wiley, 1980. p.1-47. APUD LIMA, W.P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. IPEF, Piracicaba, SP, v.10, n.29, p.11-21, 1996.

<http://www.brasiloste.com.br/noticia/1078/> Jornal Eletrônico, matéria: "Desmatamento diminui biodiversidade em rios da Amazônia", publicado em 30/07/2004. (acessado em junho de 2008).

[http://www.rededasaguas.org.br/bacia/bacia\\_01.asp](http://www.rededasaguas.org.br/bacia/bacia_01.asp) (acessado em junho de 2008) .

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Bacia\\_do\\_At%C3%A2ntico\\_Sudeste](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bacia_do_At%C3%A2ntico_Sudeste) (acessado em junho de 2008) .

<http://www.ufv.br/dea/lqa/control.html> (acessado em junho de 2008) .