

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**DANILO SINHEI IHA**

**CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL, SP**

**SÃO CARLOS  
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**DANILO SINHEI IHA**

**CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL, SP**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.**

**Orientação: Prof. Dr. José Galizia Tundisi**

**SÃO CARLOS  
2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

I25cl

Iha, Danilo Sinhei.

Características limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal, SP / Danilo Sinhei Iha. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

83 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Limnologia. 2. Recursos hídricos. 3. Análise e planejamento ambiental. 4. Água - qualidade. I. Título.

CDD: 574.52632 (20<sup>º</sup>)

Danilo Sinhei Iha

**CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO RICO, JABOTICABAL, SP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 09 de março de 2010

**BANCA EXAMINADORA**

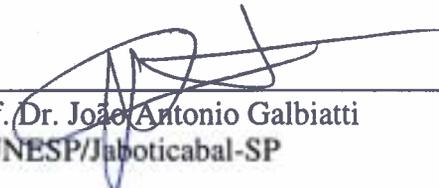
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Galzia Tundisi  
(Orientador)

1º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Antonio Galbiatti  
UNESP/Jaboticabal-SP

Dedico este trabalho a minha família  
À minha mãe Célia Laguardia Iha  
Ao meu pai Antonio Sinsuke Iha  
À minha irmã Liriane Laguardia Iha  
Ao meu irmão Jonathan Willian da Silva Iha

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho, mais que uma obra do autor, resulta de uma conspiração de pessoas amigas que ouvem, apóiam, abastecem de idéias e contribuem de mil maneiras para o sucesso daquele que a escreve. Se este trabalho é uma obra de um autor, um autor é o resultado de muitas influências e de muitas mentes. Por essa razão, é justo lembrar, reconhecer e agradecer às pessoas e instituições a seguir citadas, que de alguma forma e em algum momento contribuíram para a realização desta pesquisa.

Em primeiro lugar, devo agradecer ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi, que, apesar de sua agenda lotada, sempre esteve atento ao meu trabalho e atuou muito mais que um orientador e que com suas palavras de amizade e confiança durante estes dois anos me deu todo o apoio necessário na realização deste projeto de pesquisa.

Ao Instituto Internacional de Ecologia, principalmente à Profa. Dra. Takako Matsumura-Tundisi e ao José Eduardo Matsumura Tundisi, que forneceram toda a infraestrutura e suporte para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, através do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais que através das disciplinas forneceram suporte intelectual para a realização deste. A CAPES, pela bolsa de estudo concedida através do programa de pós-graduação.

Aos meus avós, Adelina e Leri; minhas tias, Lídia, Irene, Ivanice, Seila e Teresinha; aos meus tios, Eduardo, Paulo e Luciano; à todos os meus primos e primas; à Telma e Fábio.

Ao Prof. Dr. João A. Galbiatti e ao Prof. Badô que me incentivaram e apoiaram à começar o projeto de mestrado e em diversos momentos da minha vida. Aos Professores Dr. Irineu Bianchini Júnior e Dra. Marcela B. Cunha-Santino, da UFSCar, que através da disciplina de limnologia e das discussões ao longo destes dois anos foram muito úteis para a conclusão deste projeto.

Aos pesquisadores do IIE, Dra. Corina Sidagis-Galli e Dr. Donato S. Abe que, através das discussões, ensinamentos e amizade foram parte fundamental deste trabalho.

Eu agradeço imensamente e eternamente a minha querida e amada amiga Mari Duó. Esta amiga me ajudou em todas as etapas de meu trabalho e que, inclusive, escreveu seu agradecimento.

A Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra da UNESP e a Laudicéia do SAAEJ, pelas informações técnicas trocadas que muito auxiliaram para engrandecer este trabalho.

Aos meus amigos, sem os quais a vida seria muito difícil, Juliana, Douglas Assado, Rafael Marini, Márcio, Jaqueline Pérola, Natalia Aike, Gabriela, Claudinei, Francine, Maurício Russo, Marina, Rodrigo Sai, Joice, Paula Xicôka, Maurício Nervoso, Matheus Picolino, Jack Peixe, Paulo Tato, Cátia, Regina, Arnaldo e Zilmara.

Aos colegas e amigos do IIE, Edson, Aline, Regina, Leandro, Thais, Viviane, Faria, Sonia, Felipe, Felipe Honda, Guilherme, Guto, Jorge, Ricardo, Deyves, Juan, Fernando Souza, Fernando Blanco, Taurai, Karyna, Suelen, Jota, Ingrid, Valéria, Elizeu, Samuel e Ivano.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta me auxiliaram a desenvolver este projeto de mestrado o meu muito obrigado.

Alles ist Wasser entsprungen,  
Alles vird durch das Wasser erhalten

Tudo surgiu da água,  
Tudo é mantido pela água

(Goethe)

## RESUMO

A avaliação da qualidade e quantidade hídrica contribui para a tomada de decisões estratégicas políticas e técnicas que garantam o uso potencial deste recurso tanto para agricultura, indústria, dessedentação animal e para o consumo humano. Com o objetivo de auxiliar os órgãos gestores da bacia hidrográfica do córrego Rico, município de Jaboticabal, SP, a criar mecanismos e ações eficazes no combate à poluição deste manancial, este estudo foi realizado. Foram realizadas análises de 35 variáveis limnológicas (químicas, físicas e microbiológicas) em 10 pontos de coleta desta bacia hidrográfica em dois períodos (agosto de 2008 e março de 2009). Os resultados das análises das variáveis limnológicas foram comparados com o uso e ocupação do solo desta bacia hidrográfica. Observou-se uma variação significativa na qualidade da água desta bacia entre os períodos de seca e precipitação. Concluiu-se que o afluente que drena a área urbana do município de Monte Alto e de sua estação de tratamento de esgoto interferem negativamente na qualidade da água desta bacia hidrográfica. De todas as variáveis analisadas somente as concentrações de fósforo total e mercúrio estiveram acima dos valores máximos permitidos pela resolução CONAMA, 357 de 2005 para rios classe 2. As águas dos córregos Rico e Tijuco são impróprias para consumo humano sem tratamento prévio.

**Palavras-Chave:** Monitoramento limnológico. Qualidade da água. Recursos hídricos. Planejamento. Usos múltiplos.

## **ABSTRACT**

The evaluation of water quality and water quantity is a toll for decision making as regards the multiple uses of the water resources. This thesis has the objective to propose actions to help the water managers of the Jaboticabal municipality to improve the management and pollution control of the stream Rico hydrographic basin. 35 limnological variables (chemical, physical and microbiological) were analyzed at 10 stations in the watershed during August 2008 and March 2009. The results of the water quality were compared with soil uses and occupation of the watershed. A very significant difference in water quality was found during dry and wet periods. Of all the analyzed variables, only concentrations of total phosphorus and mercury were above the maximum values of the CONAMA 357 resolution, (2005) for class 2 rivers. The tributary of the Rico stream that drains the urban area of Monte Alto and that is subjected to the influence of the wastewater treatment plant interferes negatively with the water quality of the watershed. The waters of the Rico and Tijuco streams are not appropriate for human consumption.

**Key-words:** Limnological monitoring. Water quality. Water resources. Planning. Multiple uses.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b>	Bacia Hidrográfica do Córrego Rico com os pontos de coleta (adaptado de PISSARRA, 2002) .....	19
<b>FIGURA 2.</b>	Totais médios mensais da precipitação pluviométrica (mm) e médias mensais da temperatura (°C) da região da bacia hidrográfica do Córrego Rico, referentes ao período de 1991 a 2008 (dados do Posto Meteorológico da FCAV/UNESP).....	20
<b>FIGURA 3.</b>	Valores absolutos da precipitação pluviométrica da região da bacia hidrográfica do Córrego Rico (dados do Posto Meteorológico da FCAV/UNESP) .....	20
<b>FIGURA 4.</b>	Variação da concentração média de coliformes totais e <i>E. coli</i> (NMP/100 mL), entre os períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09), da bacia hidrográfica do córrego Rico .....	28
<b>FIGURA 5.</b>	Variação das concentrações de amônio (A), nitrato (B) e NTK (C), nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta .....	45
<b>FIGURA 6.</b>	Variação da concentração de fósforo total nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico.....	47
<b>FIGURA 7.</b>	Variação das concentrações de sódio e cloreto nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico .....	48
<b>FIGURA 8.</b>	Variação do número mais provável de coliformes totais e <i>E. coli</i> em 100 mL nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico. ....	50

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b>	Coordenadas geográficas dos pontos de coleta da bacia hidrográfica do córrego Rico, utilizando o sistema de referência WGS 84.....	21
<b>TABELA 2.</b>	Resultado das análises químicas, físicas e microbiológicas das variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico em dois períodos de estudo (ago/08 e mar/09) em cada ponto de coleta .....	26
<b>TABELA 3.</b>	Variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico que sofreram alterações significantes entre os períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09).....	31
<b>TABELA 4.</b>	Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Rico que influencia a qualidade da água para abastecimento público do município de Jaboticabal, SP.....	35
<b>TABELA 5.</b>	Descarga média de nutrientes da bacia hidrográfica do córrego Rico nos períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09) .....	40
<b>TABELA 6.</b>	Variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico que sofreram alterações significantes entre o ponto de coleta CR5 e os demais .....	42
<b>TABELA 7.</b>	Uso e ocupação do solo das sub-bacias hidrográficas do córrego da Fazenda da Glória e do córrego do Gambá.....	52
<b>TABELA 8.</b>	Composição iônica média (em mg/L) das águas de rios em diferentes continentes e dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008).....	57
<b>TABELA 9.</b>	Composição iônica média (em mg/L) das águas de abastecimento para diferentes cidades da bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu e dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Lemes (2001). .....	58
<b>TABELA 10.</b>	Composição iônica média (em mg/L) das águas que drenam os tipos de rochas mais comuns e das águas dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Tundisi e MATsumura-Tundisi (2008) .....	59
<b>TABELA 11.</b>	Tipos de uso do solo indicado para os diversos intervalos de classe de declive (adaptado de Bigarella et al., 1979) .....	61

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

DP	Desvio Padrão.
ETE	Estação de tratamento de esgoto.
Hab	Habitantes.
LD	Limite de detecção.
NMP	Número mais provável.
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl.
NTU	Unidades de turbidez.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	14
<b>2. Objetivos</b> .....	17
<b>3. Material e métodos</b> .....	18
3.1 – Área de estudo.....	18
3.2 – Descrição dos pontos de coleta .....	21
3.3 – Período de amostragem.....	21
3.4 – Variáveis e métodos de análise .....	22
3.5 – Uso e ocupação do solo.....	24
3.6 – Análises estatísticas utilizadas.....	24
<b>4. Resultados e discussão</b> .....	25
4.1 – Diferenças entre o período de seca e precipitação .....	25
4.1.1 – Análises microbiológicas .....	25
4.1.2 – Análises físicas e químicas .....	31
4.1.3 – Uso e ocupação do solo.....	35
4.1.4 – Concentração média de íons e descarga de nutrientes .....	39
4.2 – Diferenças antes e após o efluente da Estação de Tratamento de Esgoto.....	42
4.2.1 – Análises físicas e químicas .....	43
4.2.2 – Análises microbiológicas .....	50
4.2.3 – Uso e ocupação do solo.....	52
4.3 – Bases para gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do córrego rico .....	54
4.3.1 – Considerações quanto à classificação e potabilidade.....	54
4.3.2 – Análise de metais pesados e dissolvidos.....	56
4.3.3 – Comparação da composição iônica dos córregos .....	57
4.3.4 – Topografia, altimetria e declividade da bacia hidrográfica do córrego Rico .....	60
<b>5. Conclusões</b> .....	62
<b>6. Referências bibliográficas</b> .....	63
<b>7. Anexos</b> .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

Um programa de monitoramento ecológico pode ser definido como a tentativa de identificar mudanças nas variáveis bióticas e abióticas de maneira a gerar propostas de manejo para viabilizar o uso futuro dos recursos existentes (BARBOSA, 1994). Inserido nesse contexto, o monitoramento limnológico trata especificamente da qualidade da água dos ecossistemas aquáticos continentais, incluindo rios e lagos (WETZEL, 1983). Assim, o mesmo subsidia a definição de medidas de mitigação da degradação ambiental, além de contribuir para um melhor conhecimento acerca das propriedades bióticas e abióticas dos ecossistemas aquáticos (MAROTTA et al., 2008).

É essencial que a água seja analisada como um recurso essencial ao uso humano e que, apesar de renovável, necessita cada vez mais de um manejo criterioso para não se tornar escasso pela própria degradação antropogênica (VITOUSEK et al., 1997). O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são frequentemente acompanhados de aumentos na demanda por água, cuja quantidade e qualidade são de fundamental importância para saúde e desenvolvimento de qualquer comunidade (BUENO et al., 2005).

Segundo Arcova et al. (1998), os vários processos que comandam a característica hídrica de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual, alterações de ordem física, química ou climática, podem modificar a sua qualidade. Tundisi (2003), afirma que alterações na abundância, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência do Homem e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento sócio-econômico dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

Nota-se que a sustentabilidade do abastecimento de água através da utilização de mananciais superficiais deve prever a proteção destes recursos através do planejamento e

gerenciamento adequado da utilização do solo e da água. Para tanto, informações confiáveis sobre o solo e a qualidade e quantidade de água em cada bacia hidrográfica são extremamente importantes (ZANETTI et al., 2003). As bacias hidrográficas possuem características que governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água e têm sido utilizadas como unidades geomorfológicas fundamentais. Além de serem consideradas, unidades territoriais ideais para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (CHRISTOFOLETTI, 1978; POLITANO, 1992; PISSARRA, 2002).

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica é influenciada por diversos fatores, entre eles, o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997). De acordo com a CETESB (2003), a poluição das águas tem como origem diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e as cargas difusas e agrícolas. Cada uma destas fontes possui característica própria quanto ao poluente transportado. Quando contaminada com esgotos, a água se torna em um dos mais importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, tornando-se primordial a avaliação da qualidade microbiológica da água de consumo (ISAAC-MARQUEZ et al., 1994).

No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte do esgoto bruto (tanto doméstico, industrial como efluentes de sistema de cultivo) é lançada sem tratamento prévio nos cursos d'água. Esses grandes aportes de matéria orgânica e poluentes têm sido relatados como principais responsáveis pela eutrofização de grande variedade de ambientes aquáticos, gerando preocupação crescente com o alto grau de poluição em que se encontram hoje os rios e ambientes de água doce (TUNDISI, 2003). Assim, ocorre decréscimo na capacidade de suporte do rio, devido aos problemas de qualidade de água da bacia, havendo necessidade de mitigação dos fatores que afetam o corpo receptor.

O manejo da qualidade da água e sustentabilidade de bacias hidrográficas é um problema mundial, principalmente em países em desenvolvimento onde os recursos sociais e econômicos têm colocado as fontes de água em alto estresse. É necessário o gerenciamento de conflitos entre os usuários à jusante e a montante do rio, e projetos de engenharia que alterem o sistema original da ecologia da bacia (ZHU et al., 2008).

Nas últimas décadas a política nacional de recursos hídricos tem desenvolvido esforços para minimizar os impactos negativos que os recursos hídricos brasileiros vêm sofrendo. Entre as ações principais para que este objetivo seja atingido, está a implantação de estações de tratamento de esgoto. Estas têm como objetivo principal devolver a água utilizada pela população da mesma forma que foi retirada do meio ambiente. É inegável a contribuição positiva que as estações de tratamento de esgoto têm propiciado à melhoria da qualidade da água dos rios. Entretanto, muitas estações implantadas nas cidades brasileiras ainda não possuem o tratamento terciário de seus efluentes. O tratamento terciário proporciona uma remoção significativa da concentração de diversos elementos químicos (SPERLING e CHERNICARO, 1998). Observa-se também que, em alguns casos, as estações de tratamento de esgoto não apresentam a eficiência esperada para o tratamento de esgoto doméstico (OLIVEIRA, 2006).

Em setembro de 2006 foi implantada na bacia hidrográfica do córrego Rico a Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Monte Alto, SP. Esta estação despeja seu efluente nas águas do córrego Rico e isto ocorre 17 km à montante da Estação de Captação de Água que abastece o município de Jaboticabal, SP. A bacia hidrográfica do córrego Rico abastece mais de 70% da população da cidade de Jaboticabal.

Diversos trabalhos sobre a qualidade e quantidade da água da bacia hidrográfica do córrego Rico foram feitos. Donadio et al. (2005) avaliou diferenças na qualidade da água entre duas sub-bacias hidrográficas, incluídas na área de estudo deste trabalho, que apresentavam características diferentes no uso e ocupação do solo. Lopes et al. (2003 e 2005), Iha et al. (2004) e Iha (2006) avaliaram algumas variáveis da qualidade e quantidade da água da mesma bacia hidrográfica em 11 diferentes pontos de coleta em amostras quinzenais. Zanini (2009) avaliou algumas características limnológicas do córrego Rico em três pontos de coleta. Zanetti et al. (2003) e Scholten et al. (2008) avaliaram contaminações por coliformes totais na mesma área deste estudo. Entretanto, estudos sobre a concentração de diferentes íons, metais dissolvidos e diversos outros parâmetros que evidenciam sua relação com o uso e ocupação do solo desta bacia hidrográfica como um todo não foram realizadas. Estudos que avaliaram a qualidade da água após a implantação da estação de tratamento de esgoto de Monte Alto evidenciando a importância de outros afluentes ao longo do córrego Rico também não foram realizados.

## 2. OBJETIVOS

Estudar as características limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico que abastece o município de Jaboticabal, através de 36 variáveis (químicas, físicas e microbiológicas) que indicam alterações na qualidade hídrica e sanitária da água e associar os resultados encontrados ao uso e ocupação do solo realizado através de imagens de satélite. Diagnosticar as variáveis limnológicas e auxiliar os órgãos gestores da qualidade da água desta bacia a criar mecanismos e ações eficazes no combate à poluição deste manancial.

Nesse trabalho foram testadas duas hipóteses. A primeira é que a qualidade da água da bacia hidrográfica do córrego Rico é diferente entre os períodos de seca e precipitação. Esta diferença entre os dois períodos implica em diversas conseqüências ecológicas e econômicas, principalmente quando relacionadas ao uso desta água para abastecimento público e irrigação. A segunda hipótese é a de que a qualidade da água do córrego Rico torna-se inferior após a entrada do afluente que drena a cidade de Monte Alto e sua estação de tratamento de esgoto.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Área de estudo

A área de desenvolvimento deste projeto é a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (**Figura 1**), tributária da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, localizada na porção nordeste do estado de São Paulo, compreendendo os municípios de Jaboticabal (69.624 habitantes), Monte Alto (44.085 hab.), Taquaritinga (53.232 hab.), Santa Ernestina (5.510 hab.) e Guariba (32.664 hab.) (BRASIL, 2009). Possuindo as seguintes coordenadas geográficas: latitudes 21°10'S e 21°27'S, longitudes 48°08'O e 48°33'O.

Geologicamente, a bacia hidrográfica está inserida na Bacia do Paraná, localizada entre as Cuestas Basálticas e o Planalto Ocidental, zona do Planalto de Monte Alto, representado pelo reverso da cuesta interna, marcado pelas escarpas arenítico-basálticas, onde distingui-se duas áreas morfológicas distintas: as Cuestas de Monte Alto e o planalto colinoso (SÃO PAULO, 1974; POLITANO, 1992; PISSARRA, 2002).

A rede de drenagem e os principais solos de ocorrência na bacia hidrográfica do córrego Rico, segundo Pissarra et al. (2005), distribuem-se da seguinte forma: na parte oeste, a mais alta da paisagem, a montante desta bacia, predominam os argissolos com áreas de relevo ondulado. Nas partes mais baixas da paisagem, apresentam-se os latossolos, com áreas de relevo suave ondulado. As características do padrão de drenagem refletem o processo morfogenético do terreno na escultura da paisagem, revelando uma freqüência, ou quantidade de cursos de água, maior nas partes mais elevadas da bacia estudada. Isto se deve ao fato de que, nos latossolos, o intemperismo é mais avançado, sendo a superfície desenvolvida sob condição de maior permeabilidade, manifestando-se, portanto, uma drenagem menos dendrítica nas partes mais baixas da bacia hidrográfica.

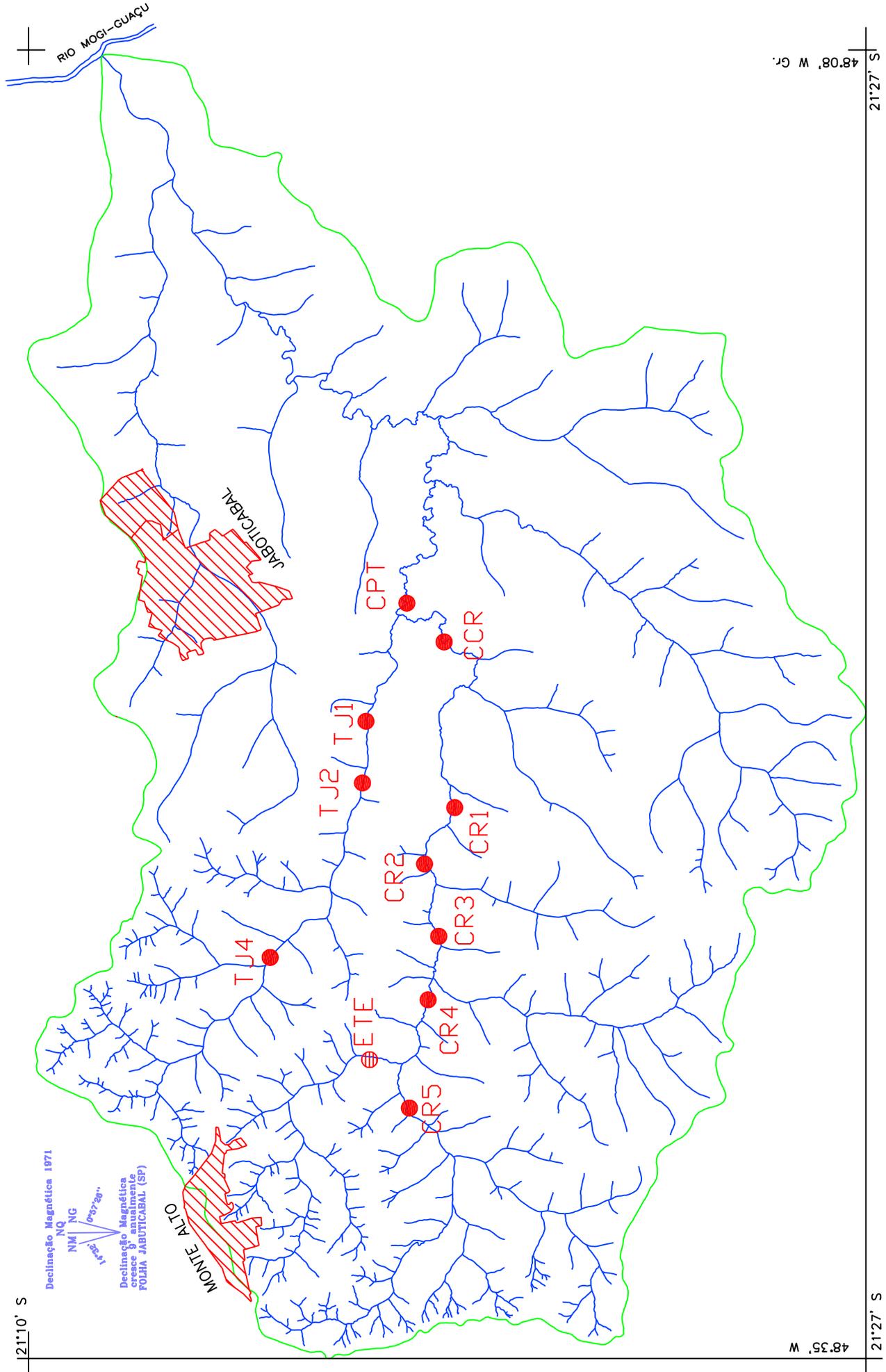
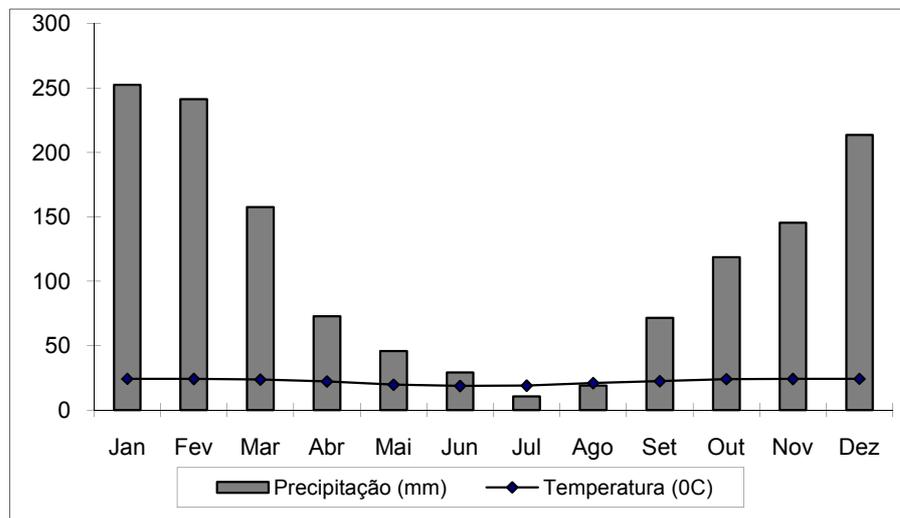
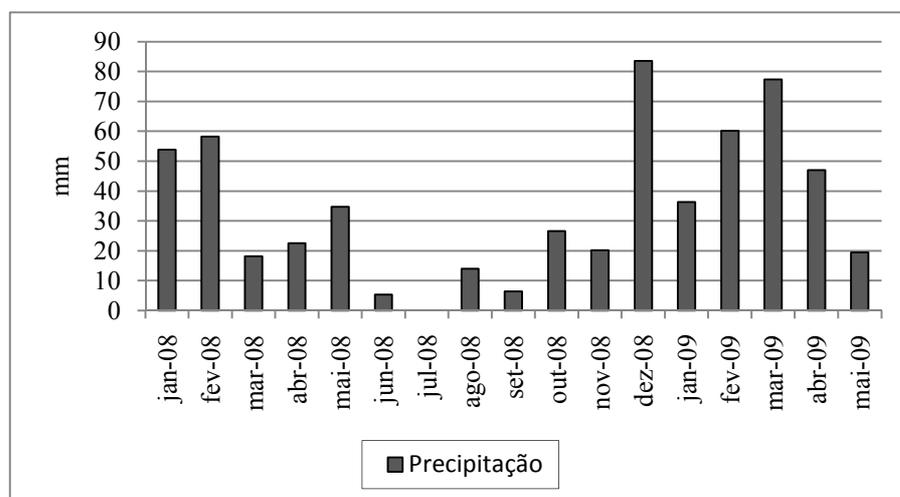


Figura 1 – Bacia hidrográfica do córrego Rico com os pontos de coleta  
 (adaptado de PISSARRA, 2002)

O clima desta região, segundo a Classificação Climática de Köppen, é Cwa, definido como mesotérmico de inverno seco. Na região de Jaboticabal, a precipitação média anual é de 1.271mm. Pode-se observar na **Figura 2** que a distribuição das chuvas mostra concentração no período de outubro a março, com estação relativamente seca entre os meses de maio a setembro. A máxima precipitação provável de um dia, para um período de retorno de 100 anos, é de 156,7 mm; e a evapotranspiração potencial estimada é de 946 mm/ano (BENINCASA, 1971). As precipitações pluviométricas absolutas, ocorridas no período em que o estudo foi realizado, estão apresentadas na **Figura 3**.



**Figura 2.** Totais médios mensais da precipitação pluviométrica (mm) e médias mensais da temperatura (°C) da região da bacia hidrográfica do Córrego Rico, referentes ao período de 1991 a 2008 (dados do Posto Meteorológico da FCAV/UNESP).



**Figura 3.** Valores absolutos da precipitação pluviométrica da região da bacia hidrográfica do Córrego Rico (dados do Posto Meteorológico da FCAV/UNESP).

### 3.2– Descrição dos pontos de coleta

O córrego Rico nasce na região da Serra do Jaboticabal, município de Monte Alto, e é formado por vários afluentes. Para a avaliação da qualidade da água foram selecionados 09 postos de monitoramento nos dois principais tributários da bacia: 06 pontos no córrego Rico (CR5, CR4, CR3, CR2, CR1 e CCR), 03 pontos no córrego Tijuco (TJ4, TJ2 e TJ1) e 01 ponto na captação de água para abastecimento público do município de Jaboticabal, após a junção dos dois córregos (CPT). As coordenadas geográficas de cada ponto estão descritas na **Tabela 1** e apresentadas na **Figura 1**.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas dos pontos de coleta da bacia hidrográfica do córrego Rico, utilizando como sistema geodésico de referência o WGS 84.

<b>Ponto</b>	<b>Sul</b>	<b>Oeste</b>
CR5	21° 18' 37.4"	48° 27' 39.2"
CR4	21° 19' 07.3"	48° 25' 31.3"
CR3	21° 19' 01.9"	48° 24' 34.7"
CR2	21° 19' 07.5"	48° 24' 06.3"
CR1	21° 19' 22.7"	48° 22' 50.6"
CCR	21° 18' 56.1"	48° 19' 32.4"
CPT	21° 18' 39.0"	48° 19' 26.6"
TJ4	21° 16' 42.7"	48° 25' 11.7"
TJ2	21° 17' 56.0"	48° 22' 31.7"
TJ1	21° 18' 04.6"	48° 21' 25.2"

### 3.3 – Período de amostragem

Nesta bacia hidrográfica as vazões mínimas ocorrem nos meses de agosto e as máximas nos meses de fevereiro (IHA, 2006), optou-se por coletas realizadas próximas a esses períodos. Foram realizadas duas campanhas de coleta, uma em agosto de 2008 e a outra em março de 2009.

### 3.4 – Variáveis e métodos de análise

As diferentes formas de aporte impossibilitam a análise conjunta de todos os poluentes que podem estar presentes nas águas superficiais. Diante disto, selecionam-se algumas variáveis que melhor expressam a qualidade de água, visando avaliar seu comportamento espacial e temporal dentro de uma bacia hidrográfica.

Todas as amostras foram coletadas e preservadas seguindo as recomendações de APHA (1998) e Bicudo e Bicudo (2004), para as diferentes análises realizadas neste estudo. As análises foram realizadas utilizando os equipamentos e as dependências do Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, na cidade de São Carlos, SP.

Para as análises de íons, todos os frascos utilizados para fazer a coleta de água foram previamente lavados em uma solução de ácido clorídrico 30% e depois em abundância com água deionizada. As amostras foram filtradas logo após a coleta em filtros GF/C de fibra de vidro da marca Whatman<sup>®</sup> que retêm partículas de 1,2 µm. As amostras foram congeladas até o momento da análise. Nas amostras de água filtrada os seguintes cátions foram determinados: lítio, sódio, amônio, potássio, magnésio e cálcio. Os ânions analisados foram: fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrito, nitrato, fosfato, sulfato. O método utilizado foi o de cromatografia líquida de troca iônica, através do equipamento DIONEX DX-80<sup>®</sup>. A coluna cromatográfica utilizada para separar os ânions foi a IonPac AS14A-5µm da Dionex<sup>®</sup>, como eluente foi utilizado uma solução de carbonato e como regenerante ácido sulfúrico diluído. A coluna para separar os cátions foi a IonPac CS12A-5µm também da marca Dionex<sup>®</sup>, como eluente foi utilizado o ácido metano-sulfônico e como regenerante o hidróxido de tetrabutilamonio (APHA, 1998; HARRIS et al., 1998).

Para a análise de metais dissolvidos, os frascos de coleta foram previamente lavados com uma solução com 30% de ácido nítrico e posteriormente com água deionizada em abundância. Logo após a coleta as amostras foram filtradas em filtros GF/C de fibra de vidro da marca Whatman<sup>®</sup> que retêm partículas de 1,2 µm. As amostras foram acidificadas com ácido nítrico e mantidas resfriadas até o momento da análise. A análise foi realizada através da técnica de espectrofotometria por absorção atômica (APHA, 1998) os seguintes elementos foram analisados: alumínio, cádmio, cromo, cobre, ferro, mercúrio, manganês, chumbo, zinco.

Para a análise de nutrientes totais, os frascos de coleta foram lavados previamente com uma solução de ácido clorídrico 20% e posteriormente com água deionizada em abundância. As amostras foram congeladas até o momento da análise. Pelo método desenvolvido por Kjeldahl descrito em APHA (1998), foram analisadas as concentrações de nitrogênio orgânico total Kjeldahl (NTK). Para analisar a quantidade de fósforo total as amostras foram preparadas pelo método de digestão por persulfato e quantificadas pelo método do ácido ascórbico descrito em APHA (1998).

Para o exame microbiológico, as amostras foram coletadas em sacos plásticos de 100 mL esterilizados da marca Nasco<sup>®</sup>. As amostras foram preparadas e incubadas logo após a coleta. O número mais provável de coliformes totais e *Escherichia coli* foram quantificados pelo método das cartelas, através do Kit Colilert<sup>®</sup>, onde são testadas afinidades entre enzima e substrato, descrito em APHA (1998).

Para a quantificação de clorofila-*a* e feofitina, as amostras foram filtradas logo após a coleta utilizando filtros de fibra de vidro GF/F da marca Whatman<sup>®</sup>, com porosidade de 0,7 µm. A filtração e extração dos pigmentos foram feitas em uma sala escura. As quantidades de clorofila-*a* e feofitina foram determinadas seguindo o método descrito em NUSH (1980). Como solvente para os pigmentos foi utilizado etanol 80% e as leituras foram feitas com o auxílio de um espectrofotômetro da Varian<sup>®</sup>, Cary 500.

A temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH, potencial de oxi-redução e turbidez foram determinadas “in-situ” utilizando-se a sonda Yellow Springs YSI 6600<sup>®</sup>, que foi calibrada algumas horas antes de ser utilizada.

A vazão foi calculada no local através da multiplicação das velocidades médias de escoamento pela área da seção do canal (GARCEZ, 1967). Primeiramente foram determinadas a seção transversal média do trecho do córrego e a velocidade média da corrente d'água em cada posto de monitoramento. Estas medidas foram obtidas com o auxílio de um fluxômetro, da marca GENERAL OCEANICS<sup>®</sup>, que determina a velocidade da corrente líquida. A vazão é obtida pela seguinte fórmula:  $Q = (S_m \times V_m)$ . Onde: Q = metros cúbicos de água por segundo;  $S_m$  = seção média em metros quadrados e  $V_m$  = velocidade média em metros por segundo.

### 3.5 – Uso e ocupação do solo

As análises de uso e ocupação do solo foram feitas através do programa ArcGis<sup>®</sup> e Spring<sup>®</sup>. As imagens de satélites foram obtidas junto ao INPE em três bandas de cores, as imagens são do dia 31 de julho de 2009 e obtidas através do satélite Landsat TM5 e estão georeferenciadas no sistema de coordenadas geográficas SAD69 (South American Datum, 1969) e projetadas em UTM (Universal Tranverse de Mercator).

Informações sobre a topologia e principais rodovias foram obtidas junto a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo. Os mapas, com as informações sobre a hidrografia, foram obtidos junto ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP).

### 3.6 – Análises estatísticas utilizadas

Coefficiente de variação: de acordo com ZAR (1999), é uma medida de dispersão que se presta para a comparação de distribuições diferentes. O desvio-padrão, uma medida de dispersão, é relativo à média e como duas distribuições podem ter médias ou valores médios diferentes, o desvio dessas duas distribuições não é comparável. A solução é usar o coeficiente de variação (Cv), que é igual ao desvio-padrão ( $\sigma$ ) dividido pela média ( $\mu$ ), este valor é multiplicado por 100 e expresso em porcentagem:

$$Cv = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 (\%)$$

Teste-T: Dois tipos de teste foram realizados, ambos bicaudais, um para avaliar a diferença entre os pontos de coleta e o outro para avaliar a diferença entre os períodos de amostragem. Estes testes estão descritos em detalhes em ZAR (1999).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Diferenças entre o período de precipitação e seca

#### 4.1.1 - Análises microbiológicas

Apesar de comum a presença de coliformes totais em corpos hídricos, números excessivos de microorganismos deste grupo atuam como indicadores do nível de contaminação e qualidade sanitária da água (APHA, 1998). Informações a respeito da quantidade de coliformes totais presentes em corpos hídricos estão também associadas ao uso e ocupação do solo que este corpo hídrico drena (ESTEVES, 1998).

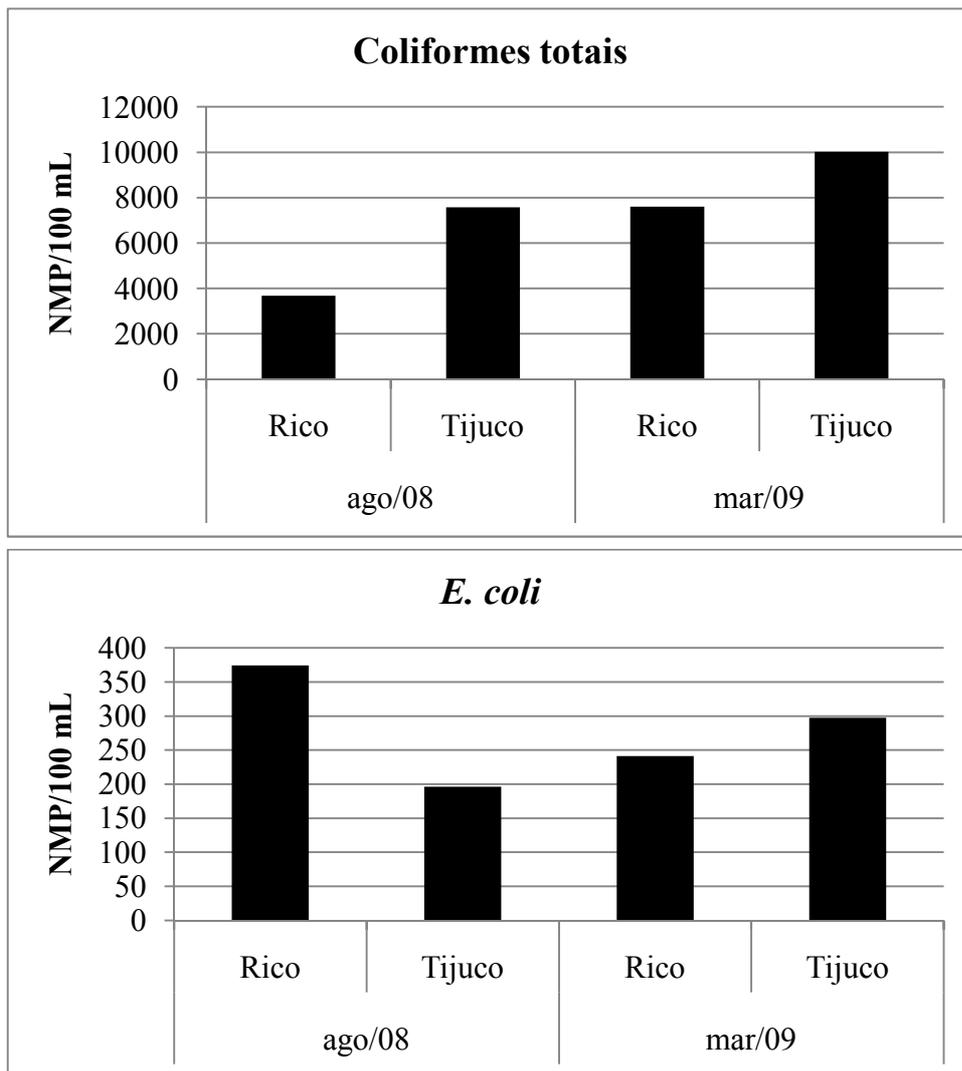
As análises realizadas neste estudo mostram que a concentração de coliformes totais nas duas coletas sempre foi maior no córrego Tijuco. A média do número mais provável de coliformes totais em 100 mL (NMP/100mL), no período de seca, foi de 3.675 no córrego Rico e 7.577 no córrego Tijuco. No período de precipitação a média foi de 7.608 para o córrego rico e 10.023 para o Tijuco. Observa-se ainda que a quantidade de coliformes totais foi maior no período chuvoso em ambos os córregos. Os resultados das análises de coliformes totais e *E. coli*, para cada ponto de coleta estão apresentados na **Tabela 2 e na Figura 4**.

**Tabela 2.** Resultados das análises químicas, físicas e microbiológicas das variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico em dois períodos de estudo (ago/08 e mar/09) em cada ponto de coleta.

Data	Estação	Íons												
		Amônio	Brometo	Cálcio	Cloreto	Fosfato	Fluoreto	Lítio	Magnésio	Nitrato	Nitrito	Potássio	Sódio	Sulfato
		(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
ago/08	CPT	1,56	2,30	1,15	5,81	<LD	39,89	0,43	1,68	752,78	<LD	1,53	2,84	0,72
	CCR	3,39	1,97	1,13	6,61	<LD	42,47	0,21	1,66	937,86	<LD	1,63	3,26	0,29
	CR01	43,50	2,13	1,28	8,17	<LD	36,99	0,21	1,79	1163,44	0,60	1,79	3,61	0,32
	CR02	74,76	2,17	1,37	8,91	<LD	45,88	0,21	1,89	1194,45	0,77	1,83	3,87	0,33
	CR03	91,95	2,13	1,40	9,14	<LD	41,59	0,28	1,94	1174,40	2,16	1,88	3,95	0,34
	CR04	261,52	2,30	1,49	10,13	8,40	29,92	0,21	2,11	929,27	3,30	1,98	4,24	0,39
	CR5	9,38	4,84	0,20	3,51	<LD	14,16	0,00	0,52	6,69	<LD	1,02	1,15	0,05
	TJ01	6,51	5,49	1,16	5,89	<LD	30,10	0,21	1,74	322,24	<LD	1,35	2,11	0,09
	TJ02	27,61	5,70	1,18	6,78	<LD	36,03	0,21	1,78	347,20	<LD	1,39	2,31	0,09
	TJ04	48,45	8,53	1,66	8,46	<LD	46,11	0,00	2,35	518,02	<LD	1,58	3,08	0,13
mar/09	CPT	<LD	0,89	1,20	3,60	4,56	73,42	<LD	2,03	258,42	0,04	1,92	2,22	0,18
	CCR	<LD	<LD	1,10	4,57	2,21	40,70	<LD	2,03	408,67	<LD	2,01	2,29	0,28
	CR1	<LD	<LD	1,41	2,54	1,22	11,53	<LD	2,35	375,80	36,00	2,23	2,53	0,31
	CR2	<LD	0,40	1,57	5,43	2,87	10,11	<LD	2,53	374,49	3,43	2,34	2,69	0,31
	CR3	2,69	1,32	1,34	4,07	0,39	33,01	<LD	2,04	266,61	23,06	1,80	2,14	0,26
	CR4	19,65	<LD	1,66	5,77	2,43	24,92	<LD	2,67	355,00	<LD	2,39	2,40	0,34
	CR5	8,35	3,54	1,61	2,19	0,64	37,61	<LD	2,62	58,89	64,84	2,09	1,40	0,20
	TJ1	<LD	0,60	1,36	1,76	0,23	26,35	<LD	2,26	178,32	17,35	1,87	2,17	0,18
	TJ2	<LD	3,77	1,23	3,33	4,19	17,32	<LD	2,24	170,38	8,72	1,81	2,10	0,16
	TJ4	<LD	3,40	1,82	2,25	0,12	31,03	<LD	2,82	187,92	269,20	1,92	2,65	0,25

Tabela 2 (continuação).

Data	Estação	Nutrientes toais		Microbiologia			Análises in situ					Metais	
		P total	NTK	<i>E. coli</i>	Col. totais	Clorofila- <i>a</i>	Temp.	Cond	TDS	O.D.	pH	Turbid	Hg
		(µg/L)	(mg/L)	NMP/100mL	NMP/100mL	(µg/L)	(°C)	(ms/cm)	(g/L)	(mg/L)		NTU	(µg/L)
ago/08	CPT	42,81	0,68	266	5475	0,42	19,34	0,093	60	7,91	7,67	12,5	<LD
	CCR	53,03	0,45	279	3784	0,47	19,34	0,098	63	7,79	7,61	8,1	<LD
	CR01	80,61	0,54	364	3873	0,19	19,12	0,116	74	6,46	7,20	8,9	<LD
	CR02	100,42	1,04	496	3440	1,12	18,57	0,123	79	6,33	7,10	8,7	<LD
	CR03	106,68	0,68	355	3448	0,84	18,67	0,136	80	6,24	6,99	9,2	<LD
	CR04	131,77	1,00	743	4884	0,93	18,36	0,135	86	5,73	7,18	9,8	<LD
	CR5	10,65	0,09	10	2613	0,56	18,32	0,028	68	5,64	7,19	1,5	<LD
	TJ01	15,45	0,09	228	6867	0,60	18,77	0,091	58	7,86	7,36	14,2	<LD
	TJ02	15,42	0,27	201	8164	0,37	18,04	0,093	60	6,76	7,00	15,1	<LD
	TJ04	9,68	0,54	160	7701	1,12	17,72	0,132	85	5,11	7,02	14,2	<LD
mar/09	CPT	68,67	0,27	717	7701	0,06	23,54	0,094	63	6,51	7,30	27,9	1,49
	CCR	81,74	0,28	243	9804	0,18	23,65	0,096	64	6,68	7,08	27,2	0,85
	CR1	108,25	0,24	295	7701	0,32	23,48	0,106	71	5,71	7,11	25,1	0,77
	CR2	101,12	0,15	243	7270	0,24	23,28	0,112	75	5,46	7,19	26,5	<LD
	CR3	111,84	0,28	350	7701	0,46	23,35	0,113	76	5,29	7,28	17,1	<LD
	CR4	156,30	0,31	243	7701	0,40	23,20	0,114	77	5,71	7,26	21,8	<LD
	CR5	25,57	0,15	74	5475	0,26	23,58	0,106	71	3,86	6,98	23,3	<LD
	TJ1	36,58	0,23	538	10462	0,24	26,40	0,097	65	6,33	7,00	38,0	<LD
	TJ2	24,66	0,29	233	9804	0,21	22,70	0,096	65	6,07	6,91	30,0	<LD
	TJ4	14,15	0,24	121	9804	0,14	22,60	0,126	86	3,45	6,90	29,1	<LD



**Figura 4.** Variação da concentração média de coliformes totais e *E.coli* (NMP/100mL), entre os períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09), da bacia hidrográfica do córrego Rico.

A menor concentração de coliformes totais em ambos os períodos amostrados foi encontrada no ponto CR5, para este ponto observa-se uma concentração de 2.613 NMP/100mL no período de seca e 5.475 NMP/100mL no período de precipitação. O ponto com a maior concentração de coliformes totais no período de seca foi o TJ02, onde foram encontradas concentrações de 8.164 NMP/100mL, no período de precipitação foi o ponto TJ1 com 10.462 NMP/100mL. Estes resultados indicam que os dois córregos sofrem grande pressão antropogênica, provavelmente relacionada a uso e ocupação do solo desta bacia.

Zanini (2009), encontrou uma variação de 9.600 a 25.000 NMP/100mL de coliformes totais em coletas realizadas próximas ao ponto CR4, e de 2.700 a 19.900 NMP/100mL no ponto CPT. Os resultados encontrados no mês de agosto de 2008 para os pontos CR4 e CPT no trabalho de Zanini (2009) conflitam com os resultados encontrados neste trabalho. Zanini (2009) encontrou valores próximos a 10.000 NMP/100mL nos pontos CR4 e CPT, enquanto que neste trabalho de mestrado foram encontrados valores próximos a 5.000 NMP/100mL para estes pontos no mesmo período. Diferenças entre a hora e o método da coleta e análise podem ter influenciado na discrepância destes valores.

Apesar do número de coliformes totais indicarem a qualidade sanitária da água, a presença de *E. coli* é muito mais representativa da contaminação desta água por fezes de animais de sangue quente. Moriñigo et al. (1992) afirmam que microrganismos patogênicos de origem fecal são detectados em baixos números nas amostras de água, são de difícil detecção e aparecem de forma intermitente nas amostras, e por essas razões, o nível de poluição fecal em amostras de água é avaliado com a utilização de outros microrganismos indicadores, entre eles, os coliformes termotolerantes. Estes são os indicadores mais fidedignos, e quanto maior o nível de contaminação por fezes humanas, maior a correlação entre os coliformes termotolerantes.

A análise dos resultados indica que na época de seca a média de *E. coli*, em NMP/100mL, foi maior no córrego Rico (375) do que no Tijuco (196). No córrego Rico a média do número mais provável de *E. coli* na seca foi 375 NMP/100mL enquanto que no período de precipitação foi de 241 NMP/100mL. Provavelmente este fato está relacionado menor quantidade de água e a permanência de despejo de esgoto não tratado lançado no córrego Rico. Zanini (2009) também encontrou concentrações maiores de *E. coli* em agosto de 2008 (seca) do que em março de 2007 (precipitação) em coletas realizadas próximas ao ponto CR4.

Na estação chuvosa a quantidade de *E. coli* foi maior no córrego Tijuco (297) do que no córrego Rico (241). O córrego Tijuco variou as concentrações de *E. coli* de 160 (TJ4) a 228 (TJ1) na época seca, e de 121 (TJ4) a 538 (TJ1) na precipitação. Estes resultados podem ter relação com a lixiviação da bacia hidrográfica drenada pelo córrego Tijuco, mostrando que este córrego está mais susceptível a entrada de coliformes totais e *E. coli* por este motivo.

No ponto de captação de água para o município de Jaboticabal foram encontrados no período de seca 266 NMP/100mL de *E. coli* e no período de precipitação 717 NMP/100mL. Scholten et al. (2008) e Zanini (2009) também encontraram concentrações maiores de *E. coli* no período de precipitação no ponto CPT. Scholten et al. (2008) encontrou concentrações de *E. coli* próximas a 1.000 NMP/100mL no período de precipitação e 300 NMP/100mL no período de seca, concordando com os resultados observados neste trabalho.

Apesar de pequena, observou-se uma diminuição da clorofila, de 0,66 para 0,25 µg/L. Este fato pode estar relacionado a três fatores principais: a) ao aumento da quantidade de água, que pode ter diluído a concentração do pigmento; b) por causa do aumento da turbidez, a disponibilidade de luz para as algas realizarem a fotossíntese foi menor e assim ocorreu um declínio em sua população; c) ao aumento da turbulência que pode ter prejudicado o crescimento da população de algas (WETZEL, 1983).

Embora nos vegetais aquáticos e nas plantas terrestres ocorram outros tipos de clorofila, quantitativamente a clorofila-*a* é a mais importante e o principal pigmento verde-azulado fotossinteticamente mais abundante na coluna de água e é o responsável pela absorção da energia luminosa realizando fotossíntese. A clorofila-*a* também é a mais comum encontrada nas diferentes espécies de algas e outras plantas essenciais para o processo da fotossíntese oxigênica (MARGALEF, 1983). A sua concentração na água, é usada não apenas para se estimar a biomassa de algas aquáticas, mas também o arraste de células clorofiladas presentes nas estações de coleta. Segundo Aruga et al. (1965), o significado ecológico da quantidade de clorofila em diversas comunidades, reside no fato de ser ela a base mais importante para produção de matéria orgânica no globo terrestre e um alto nível de produção orgânica só é possível quando a clorofila esta presente numa quantidade suficientemente alta atuando mas ativamente na comunidade.

#### 4.1.2 - Análises físicas e químicas

De acordo com o teste estatístico (teste-T, descrito em ZAR, 1999) realizado entre os dois períodos, para as variáveis físicas e químicas, ocorrem diferenças significativas entre os períodos de seca e precipitação. A **Tabela 3** mostra qual variável sofreu uma alteração significativa ( $\alpha < 5\%$ ), entre os dois períodos.

**Tabela 3.** Variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico que sofreram alterações significantes entre os períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09).

Variável	Média (ago/08)	Média (mar/09)	Condição
Amônio ( $\mu\text{g/L}$ )	56,86	3,07	Diminuiu
Brometo ( $\mu\text{g/L}$ )	3,76	1,40	
Cloreto ( $\text{mg/L}$ )	7,34	3,55	
Nitrato ( $\mu\text{g/L}$ )	734,64	263,45	
NTK ( $\text{mg/L}$ )	0,54	0,25	
Sódio ( $\text{mg/L}$ )	3,04	2,26	
Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ )	56,65	72,89	Aumentou
Magnésio ( $\text{mg/L}$ )	1,75	2,36	
Potássio ( $\text{mg/L}$ )	1,60	2,04	
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18,63	23,58	
Turbidez (NTU)	10,22	26,60	

O aumento da turbidez provavelmente esteve relacionado às ocorrências de chuva que, conseqüentemente, aumentou a erosão e lixiviação do solo drenado pela bacia. Este resultado corrobora com os dados de uso e ocupação do solo que será discutido melhor no **item 4.1.3**. A média da turbidez da água no período de seca foi de 10,22 NTU para 26,60 NTU no período de precipitação, um aumento de 2,6 vezes. Donadio et al. (2005) e Zanini (2009), também observaram que a turbidez da água aumentou no período de precipitação em estudo na mesma bacia hidrográfica. Donadio et al. (2005) observaram ainda que os valores de turbidez de uma bacia hidrográfica vegetada, na região hidrográfica do córrego Rico, apresentaram valores de 2,4 a 15,9 NTU, enquanto que Zanini (2009), para as águas do córrego Rico encontrou valores que variaram de 75 a 343 NTU. Valores próximos a

460 NTU indicam alta degradação da qualidade da água e são encontradas, por exemplo, quando ocorrem processos de garimpagem (GURGEL, 2007).

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la em virtude da presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila), e de detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton em geral, entre outros (CETESB, 2003).

A turbidez da água está diretamente relacionada ao carreamento de solo pelo processo erosivo que pode assorear os rios e poluir a rede de drenagem. O aumento da turbidez é um indicador negativo para a qualidade da água da bacia hidrográfica, pois indica a entrada de diversos poluentes que estão relacionados à agricultura e a falta de conservação do solo. Além disso, o aumento da turbidez pode influenciar na temperatura da água uma vez que águas mais turvas estão mais propícias ao aquecimento através da ação dos raios solares que esquentam o material em suspensão (WETZEL, 1983).

Observou-se aumento na temperatura média da água de 18,63 °C na seca, para 23,58 °C na época de precipitação (**Tabela 2**). Também foi observado por Donadio et al. (2005), Oliveira et al. (2008) e Zanini (2009), que a temperatura da água no período chuvoso é maior que na seca, em estudos realizados na mesma bacia hidrográfica. Zanini (2009) observou que a temperatura nas águas do córrego Rico variou de 15 a 24 °C, resultado semelhante ao encontrado neste estudo. Provavelmente o aumento observado na temperatura da água é resultado do aumento da temperatura média do ar, que é maior no verão (**Figura 2**).

A temperatura da água é uma variável extremamente importante do ponto de vista ecológico, suas variações afetam as propriedades de solubilidade da água para gases e sais além de afetar a fisiologia de diversos organismos aquáticos. Matheus et al. (1995) citam que a maioria das espécies animais e vegetais têm exigências definidas quanto às temperaturas máximas e mínimas toleradas, sendo as variações de temperatura da água parte do regime climático natural, influenciando o metabolismo de comunidades aquáticas, como produtividade primária, respiração dos organismos e decomposição da matéria orgânica. Quando a água está em temperaturas elevadas ocorre uma diminuição de sua solubilidade para gases, inclusive o oxigênio, uma redução na concentração de oxigênio dissolvido pode afetar

a sobrevivência de vários peixes e invertebrados aquáticos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

A concentração média de fósforo total no período de seca foi de 56,65 µg/L, enquanto que no período de precipitação houve um aumento para 72,89 µg/L, como pode ser observado na **Tabela 3**. Zanini (2009), também encontrou concentrações de fósforo total maiores no período de chuvas no córrego Rico. Pontieri et al. (2008), também observaram elevados valores de fósforo total em uma bacia hidrográfica da região de Franca, SP. E que este aumento na concentração de fósforo total pode ter sido provocado pela contaminação do córrego pelas atividades agropecuárias da região.

O aumento na concentração de fósforo total, magnésio e potássio provavelmente relacionam-se também com o efeito de lixiviação causado pela precipitação pluviométrica. A diferença entre as concentrações destes elementos entre os dois períodos pode acarretar diversas modificações no sistema ecológico do rio. O fato de um corpo hídrico (principalmente em ambientes lênticos) aumentar seu grau de eutrofização pode acarretar em modificações no fluxo de energia e na cadeia alimentar, tornando o ambiente de mais heterotrófico para mais autotrófico (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2003).

Segundo Simões e Cardoso (2003), cerca de 70% das cargas anuais de nitrogênio e fósforo que chegam aos rios são provenientes de atividades agrícolas. Os nutrientes atingem os corpos de água pelos fluxos sub-superficiais ou superficiais (dissolvidos ou agregados às partículas de solo). O nitrogênio é mais comumente transportado na forma dissolvida através dos fluxos sub-superficiais. O fósforo, por sua vez, é mais freqüentemente transportado junto com as partículas do solo e matéria orgânica no escoamento superficial após as precipitações.

No período de seca a concentração média de magnésio foi de 1,75 mg/L, no período de precipitação houve um aumento desta concentração para 2,36 mg/L. Observou-se também um aumento na concentração média de potássio. Como pode ser observado na **Tabela 3**, a concentração média de potássio no período de seca foi 1,60 mg/L e na época de precipitação 2,04 mg/L. O magnésio é um importante componente na composição da

clorofila, além disso, toma parte de inúmeros processos metabólicos na célula como, por exemplo, no metabolismo do nitrogênio. É um íon que ativa muitas enzimas envolvidas na transferência de energia (WETZEL, 1983). O potássio é o cátion principal das células. Tem funções no estabelecimento do potencial de membranas, sendo também componente na ativação de certas enzimas (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Quanto às variáveis que sofreram uma diminuição em suas concentrações (amônio, brometo, cloreto, nitrato, NTK e sódio), sugere-se que tenha ocorrido uma diluição destes elementos já que neste período houve um aumento na quantidade de água. Os íons sódio, potássio e cloreto têm suas principais funções relacionadas à troca e ao transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares. No meio aquático estes íons dificilmente atuam como fatores limitantes (ESTEVEES, 1998).

Em relação ao pH não foram encontradas grandes variações entre os períodos estudados. A média do pH no período de seca foi de 7,23 e no período de precipitação 7,10. Zanini (2009) também encontrou valores de pH, para o córrego Rico, próximos aos encontrados neste estudo. Donadio et al. (2005) que avaliaram o pH em regiões florestadas da bacia hidrográfica do córrego rico encontraram valores próximos a 6,4. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos dá-se diretamente devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, podendo contribuir para precipitação de elementos tóxicos ou para a solubilidade de nutrientes. O pH é definido como a atividade dos íons hidrogênio em uma solução. A acidificação é um grave problema na maioria dos ecossistemas aquáticos em várias regiões do mundo. A redução do pH e da alcalinidade da água pode levar à redução da diversidade de algumas espécies e o aumento e predominância de outras e a falta de alimento para a biota (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

#### 4.1.3 – Uso e ocupação do solo

O **Anexo 1** mostra a composição das três cores das imagens do satélite, a hidrografia, as principais rodovias e os pontos de coleta. Através desta composição pôde-se estudar o uso e ocupação do solo da bacia que influencia a qualidade da água para abastecimento público do município de Jaboticabal (**Anexo 2**). As áreas e as porcentagens do uso e ocupação do solo estão apresentadas na **Tabela 4**.

**Tabela 4** – Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Rico que influencia a qualidade da água para abastecimento público do município de Jaboticabal, SP.

Uso do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem
Agricultura	144,59	50,69%
Lagos e rios	0,40	0,14%
Pastagem/Campo	20,20	7,08%
Solo Exposto	56,26	19,72%
Urbano	7,30	2,56%
Vegetação arbórea/nativa	56,48	19,80%
Total	285,23	100%

Os resultados apresentados na **Tabela 4** indicam que a maior parte da área da bacia hidrográfica em estudo é utilizada para a agricultura (50,69%), a este número temos que somar também a área de solo exposto (19,72%), pois esta área, também é utilizada para a mesma finalidade. Segundos dados do IBGE (BRASIL, 2009), a principal cultura no município de Jaboticabal é a cana-de-açúcar, o município é também o maior produtor de amendoim do Brasil.

Geralmente a colheita da cana-de-açúcar é feita no período de seca e existem dois sistemas de plantio, o direto e o convencional. O sistema de plantio direto, geralmente feito através de tratores-implemento, prioriza a utilização da palha da cana para proteger o solo e favorecer a ciclagem de nutrientes e manter a umidade do solo. O plantio convencional deixa o solo exposto e assim mais propício à erosão, lixiviação, menor eficiência na ciclagem

de nutrientes, além de deixar o solo mais seco (DUARTE-JUNIOR et al., 2008). É evidente que do ponto de vista ecológico o sistema de plantio direto é muito mais positivo que o convencional. Quando os dois sistemas são comparados, o sistema de plantio direto causa menores impactos no solo e na qualidade da água dos rios que drenam as regiões que usam este sistema. Quanto à cultura de amendoim, os sistemas de proteção do solo são menos eficazes, pois, para que ocorra a colheita deste é preciso revolver a camada superior do solo. Desta forma este solo fica exposto às intempéries e pode ocorrer um processo de erosão e lixiviação mais intenso.

Outro aspecto observado na superfície da bacia foi o processo erosivo acelerado, devido ao uso inadequado do solo sem práticas conservacionistas e baixa cobertura arbórea/nativa do solo, ocupando apenas 19,80% da área da bacia. As áreas de matas ciliares e os fragmentos florestais estão muito pequenos e fragmentados, ou seja, reduzida em pequenas áreas desprotegidas, com efeito de borda muito acentuado. A mata ciliar é a vegetação que protege as margens dos rios e lagos. Sem as margens de proteção dos mananciais, a terra esquenta, a água evapora e as nascentes vão perdendo seu nível de água, diminuindo consideravelmente a vazão. Donadio et al. (2005), observou que ocorrem diferenças significativas na qualidade da água de um rio que drena áreas vegetadas e áreas essencialmente agrícolas.

Evidencia-se que o fato de 19,72% da área da bacia apresentar solo exposto facilita o processo de erosão e lixiviação do solo e que há uma concordância com o aumento da turbidez da água de 10,22 para 26,20 NTU entre os períodos de seca e precipitação. Este aumento sugere um processo de assoreamento do córrego Rico. O desmatamento retira os nutrientes, desprotege o solo diminuindo a sua fertilidade e proporciona erosões, comprometendo a qualidade das águas. Sem a cobertura vegetal, as partículas do solo são transportadas pelas encostas e são depositadas nos córregos, rios e lagos, causando assoreamento (PISSARRA et al. 2005).

Segundo Oliveira et al. (2008), a retirada 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 grande número de cursos d'água, além de prejuízos a fauna silvestre. Arcova et al. (1998) salientaram que, nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores. Como as

áreas florestadas não perturbadas são as melhores condições desejadas, do ponto de vista da proteção aos recursos hídricos, o monitoramento hidrológico das bacias hidrográficas com vegetação natural remanescente serve como referência para a comparação com outras microbacias impactadas (PISSARRA et al., 2005).

A concentração do íon magnésio também pode ter relação com os processos erosivos da bacia hidrográfica. A concentração média deste íon no período de seca foi de 1,75 mg/L e no período de precipitação 2,36 mg/L (**Tabela 3**). Devido às características de solubilidade do magnésio e devido ao fato deste elemento ser necessário aos organismos em pequenas quantidades, as concentrações deste elemento são relativamente constantes, apresentando pequenas flutuações. Este atributo, associado à análise do balanço de massa do magnésio tem sido utilizado como ferramenta para a determinação dos influxos de água para lagos e rios. Uma vez que este íon é um componente de diversas rochas a concentração do magnésio nos corpos d'água pode ser relacionada a processos erosivos e ao assoreamento de rios (WETZEL, 1983).

O aumento das concentrações de fósforo total (de 56,65 µg/L na seca, para 72,89 µg/L na época de precipitação) e potássio (de 1,60 mg/L na seca, para 2,04 mg/L na época de precipitação), podem estar relacionados a práticas agrícolas inadequadas que possibilitam o transporte de nutrientes para os corpos hídricos. O aumento das concentrações destes macro-nutrientes tem relação direta com a eutrofização dos corpos de água.

Quando comparam-se os mapas de declividade e uso e ocupação do solo da bacia (**Anexo 2 e 5**), observa-se que nas regiões onde há maior declividade e o relevo é mais acidentado não há presença de coberturas arbóreas, principalmente no extremo oeste da bacia, onde encontra-se a nascente do córrego Rico, próximo a área urbana do município de Monte Alto. Pissarra et al. (2005), afirmaram que os solos a oeste desta bacia, apresentam principalmente solos classificados como argissolos. Esse tipo de solo possui uma boa agregação e estruturação; entretanto, apresentam suscetibilidade ao processo erosivo por causa de sua baixa permeabilidade o que favorece o escoamento superficial (CUNHA e GUERRA, 2003).

Todos estes fatos, associados às práticas agrícolas inadequadas, facilitam o processo erosivo e conseqüentemente em uma redução na qualidade da água da bacia

hidrográfica. Além disso, podem acarretar em uma desestruturação do solo superficial causando um desequilíbrio nutricional, pulverização excessiva, compactação do solo e conseqüentemente uma diminuição das atividades biológicas e dos níveis de matéria orgânica. Segundo Pissarra et al. (2005), estas áreas devem ser utilizadas com mais cautela do ponto de vista conservacionista, devem ser adotadas medidas de reflorestamento e proteção do solo. Donadio et al. (2005) e Arcova et al. (1998), estudando a qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo verificaram que os valores da temperatura, turbidez e cor aparente da água nas microbacias com agricultura foram superiores aos registrados nas microbacias florestadas. Souza e Tundisi (2000), estudando variáveis hidrogeoquímicas das bacias hidrográficas dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu, SP, concluíram que essas variáveis também sofrem influência da ação antrópica, do substrato geológico e do tipo de solo.

Na porção leste da bacia, segundo Penteado e Ranzini (1971) e Pissarra et al. (2005), encontram-se principalmente solos classificados como latossolos. Este tipo de solo é profundo e constituído principalmente por minerais altamente intemperizados e, por conseguinte, a fração argila é de baixa atividade. São solos bastante porosos e permeáveis. Por causa destes fatores, estes são solos que apresentam baixa susceptibilidade a erosão, principalmente por causa da boa permeabilidade e drenabilidade (CUNHA e GUERRA, 2003). Analisando o **Anexo 5**, observa-se que esta região apresenta principalmente áreas com baixa declividade. Também há uma associação entre o tipo de solo desta região com a malha hídrica, a porção leste da bacia apresenta rios menos dendríticos e com boa vazão. Sugere-se, portanto, que esta região seja mais explorada para fins agrícolas que a região oeste da bacia. Esta região, também apresenta baixa declividade e o relevo é pouco ondulado. Isto concorda com Pissarra et al. (2005), que também sugerem que estas áreas sejam utilizadas para atividades agrícolas e urbanas.

#### 4.1.4 – Concentração média de íons e descarga de nutrientes

Vários fatores podem influenciar a concentração iônica dos corpos d'água, como a geologia da área de drenagem dos afluentes, o regime de chuvas e o tipo de influência antrópica (ESTEVES, 1998). A concentração média de íons (soma de cátions e ânions) no córrego Rico no período de precipitação é 12,94 mg/L e no período de seca 18,96 mg/L. Para o córrego Tijuco observa-se o valor de 11,03 mg/L na época de precipitação e 14,84 mg/L na seca. Ambos os córregos estudados apresentam maior concentração média de íons dissolvidos na seca. Este aumento relaciona-se com a quantidade menor de água disponível nesta época e a permanência da entrada destes nutrientes no sistema hídrico durante os dois períodos avaliados.

O córrego Rico possui maior concentração iônica média, tanto na seca quando na época de precipitação. Estes resultados concordam com o tipo de uso e ocupação do solo drenado pelo córrego Rico. Nesta área encontra-se a região urbana da cidade de Monte Alto e sua estação de tratamento de esgoto, que provavelmente contribui para o aumento desta concentração. Observa-se que a variação na concentração total de íons no córrego Rico é maior que no Tijuco. Este fato pode estar relacionado a diferenças no tamanho da área drenada pelo córrego Rico, que é maior, ou, ao despejo do efluente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Monte Alto que é feito apenas no córrego Rico. Iha (2006) também encontrou uma variação maior na vazão do córrego Rico do que no Tijuco.

A vazão média do córrego Rico no período de precipitação (dezembro a maio) é 1,37 m<sup>3</sup>/s, com um desvio padrão de 0,30 m<sup>3</sup>/s, na época de seca (junho a novembro) a vazão média é 0,60 m<sup>3</sup>/s, com um desvio padrão de 0,17 m<sup>3</sup>/s. Para o córrego Tijuco, nos mesmos períodos, encontramos uma vazão média de 0,64 m<sup>3</sup>/s na época de precipitação, com um desvio padrão de 0,13 m<sup>3</sup>/s e no período de seca uma vazão de 0,27 m<sup>3</sup>/s, com um desvio padrão de 0,08 m<sup>3</sup>/s. (IHA, 2006).

Quando associam-se os dados de concentração média de íons (soma de cátions e ânions) às vazões observa-se que para o córrego Rico, no mês de seca, ocorre uma descarga de nutrientes dissolvidos na ordem de 11,37 g/s com um desvio padrão de 4,00 g/s, enquanto que na época de precipitação, uma descarga de 17,68 g/s com um desvio padrão de 3,25 g/s. Para o córrego Tijuco, encontra-se uma descarga de nutrientes de 7,02 g/s, com um desvio padrão de 1,45 g/s, no período de precipitação e para o período de seca uma descarga média de 3,96 g/s, com um desvio padrão de 1,16 g/s. Analisando estes resultados, pode-se inferir que a concentração de íons em ambos os córregos variam principalmente por causa da erosão e lixiviação do solo da bacia, pois, apesar da concentração média de nutrientes dissolvidos ser maior na seca, ocorre um despejo maior de nutrientes na estação chuvosa.

Observa-se na **Tabela 5** a descarga média de nutrientes que ocorre na bacia hidrográfica do córrego Rico. Estes valores foram obtidos multiplicando-se a concentração média de íons e nutrientes totais pela vazão em cada período. Não foram observadas grandes variação de NTK e cloreto entre os dois períodos.

**Tabela 5.** Descarga média de nutrientes da bacia hidrográfica do córrego Rico nos períodos de seca (ago/08) e precipitação (mar/09).

<b>Descarga de nutrientes (mg/s)</b>		
<b>Variável</b>	<b>Média (ago/08)</b>	<b>Média (mar/09)</b>
Amônio	36,39	4,20
Brometo	2,40	1,91
Cálcio	769,32	1957,49
Cloreto	4697,93	4864,73
Fluoreto	23,24	41,92
Fosfato	0,54	2,58
Lítio	0,13	<LD
Magnésio	1117,22	3232,01
Nitrato	470,17	360,93
NTK	345,46	336,99
P total	36,26	99,86
Potássio	1022,54	2792,68
Sódio	1946,81	3094,03
Sulfato	176,56	336,67

Quando analisam-se todas as variáveis estudadas (íons, nutrientes totais, metais dissolvidos e exames microbiológicos), observa-se que a soma dos coeficientes de variação é maior no córrego Rico do que no Tijuco. Para o córrego Rico a média do coeficiente de variação é 36% na época de precipitação e 31% na seca. Para o córrego Tijuco a média do coeficiente de variação é 33% na época de precipitação e 25% na seca. Isto concorda com Iha (2006), pois a vazão também varia mais no córrego Rico do que no Tijuco. Observa-se ainda que ambos os córregos variam mais seus parâmetros na época de precipitação do que na seca. Provavelmente porque na época de precipitação há maior interferência da área agriculturável da bacia, ou seja, esta relacionada com o uso e ocupação do solo.

#### 4.2 – Diferenças antes e após o efluente da Estação de Tratamento de Esgoto

Foi aplicado o teste-T (ZAR, 1999), para determinar a probabilidade do ponto CR5 apresentar valores significativamente diferentes ( $\alpha < 5\%$ ), quando comparados aos pontos CR4, CR3, CR2, CR1 e CCR. Esta análise resultou na **Tabela 6**. O mesmo teste foi aplicado para os demais pontos, entretanto o ponto CR5 apresentou a maior quantidade de variáveis significativamente diferentes (10).

**Tabela 6.** Variáveis limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico que sofreram alterações significantes entre o ponto de coleta CR5 e os demais.

Variável	Seca		Precipitação	
	CR5	Média CR	CR5	Média CR
Cloreto (mg/L)	3,51	8,59	2,19	4,48
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	10,00	447,40	74,00	274,80
Coliformes totais (NMP/100mL)	2613,00	3887,40	5475,00	8035,40
DO %	60,67	71,18	45,60	67,80
DO mg/L	5,64	6,51	3,86	5,77
Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ )	10,65	94,50	25,57	111,85
Nitrato ( $\mu\text{g/L}$ )	6,69	1079,88	58,89	356,11
NTK (mg/L)	0,09	0,74	0,15	0,26
Sódio (mg/L)	1,15	3,78	1,40	2,41
Sulfato (mg/L)	0,05	0,34	0,20	0,30

#### 4.2.1 – Análises físicas e químicas

O ponto CR5 encontra-se antes do principal afluente que drena a micro-bacia urbana da cidade de Monte Alto e de sua estação de tratamento de esgoto. Analisando os resultados apresentados na **Tabela 6**, observa-se que as variáveis que sofreram um aumento significativo (com exceção do oxigênio dissolvido) estão associadas à contaminação por esgoto doméstico.

Uma explicação para o oxigênio dissolvido ter aumentado entre os pontos CR5 e CR4 foi o fato de que o ponto de coleta CR5 se encontra em uma região onde a água tem baixa turbulência e, portanto, baixos valores de oxigênio dissolvido. O oxigênio dissolvido é uma medida obrigatória em qualquer estudo limnológico, por ser um dos fatores limitantes mais importantes no meio aquático e essencial para a sobrevivência de animais e plantas aquáticas que apresentam respiração do tipo aeróbia, da mesma forma que o oxigênio atmosférico é essencial para animais e plantas terrestres, além de proporcionar informações sobre o efeito de poluentes e a demanda biológica do ecossistema. Sempre que poluentes tais como matéria orgânica, são lançados em corpos d'água, haverá um consumo de oxigênio dissolvido disponível na água pelo processo de decomposição desta matéria. (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

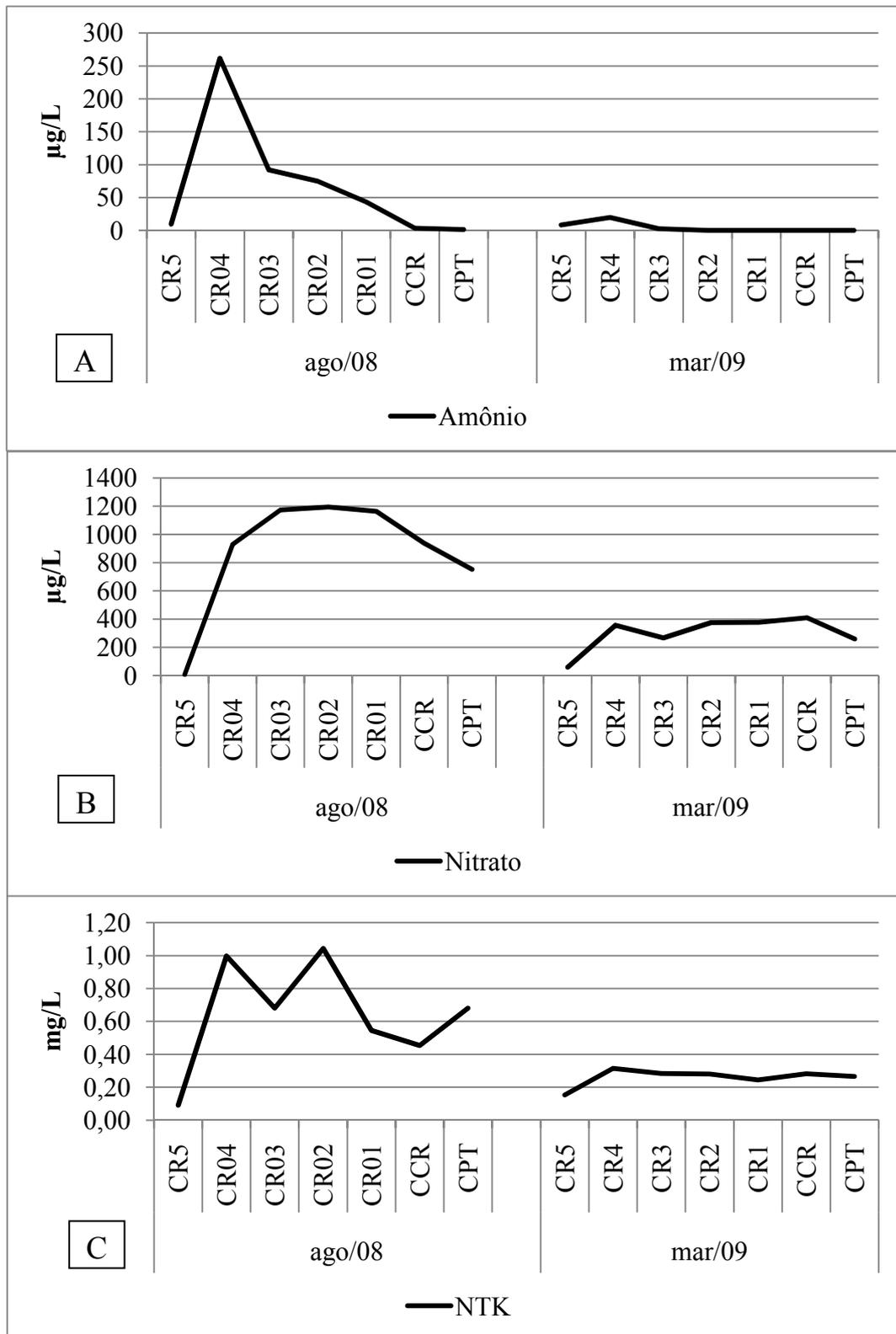
As concentrações de amônio no ponto CR5 estavam abaixo de 10 µg/L no período de precipitação e de seca. No ponto CR4 as concentrações de amônio foram as mais altas encontradas. Neste ponto os valores aumentaram para 261,52 µg/L no período de seca e para 19,65 µg/L na época de precipitação. Estes resultados estão ilustrados na **Figura 5-A**. O nitrogênio na forma de amônio está em forma chamada reduzida e na forma de nitrato, na forma oxidada. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas reduzida oxidada, ou seja, a prevalência de formas reduzidas demonstra que o foco de poluição se encontra próximo ou recente. A prevalência de forma oxidada demonstra que o foco se encontra afastado ou remoto. Altas concentrações deste elemento são tóxicas para diversos peixes (CISNEROS, 2001).

As concentrações encontradas de nitrato no ponto CR5 foram: 6,69 µg/L no período de seca e 58,89 µg/L no período de precipitação. No ponto CR4 estes valores aumentaram para 929,27 µg/L no período de seca e 355,00 µg/L no período de precipitação.

Os valores máximos de nitrato foram encontrados no ponto CR2 com 1.194,45 µg/L no período de seca e no ponto CCR com 408,67 µg/L no período de precipitação. Estes resultados estão apresentados na **Tabela 2** e ilustrados na **Figura 5-B**. Quando compara-se a concentração de nitrato no ponto CR5 com a média dos demais pontos observa-se que houve diferença significativa no ponto CR5, como mostra a **Tabela 6**.

As águas que exibem concentrações de nitrato, superiores a 10 mg/L, na forma  $\text{NO}_3\text{-N}$ , são impróprias ao consumo humano (BRASIL, 2005), pois o nitrato pode ser reduzido a nitrito que por sua vez oxida o ferro da hemoglobina transformando-o em  $\text{Fe}^{+++}$ , formando a metahemoglobina, que é incapaz de transportar oxigênio às células, sendo mais acentuado esse processo em crianças de 0 a 6 meses. Existe ainda a possibilidade do nitrito se ligar a aminas e formar nitrosaminas, que são potencialmente cancerígenas (FIGUEIREDO, 1990). Vale ressaltar os achados de Tsezou et al. (1996), em estudo realizado na Grécia, onde verificaram que crianças expostas à administração crônica de elevadas concentrações de nitrato na água de bebida apresentaram efeitos citogenéticos negativos. Em nenhum momento foram encontradas concentrações de nitrato acima de 10 mg/L nos córregos da bacia hidrográfica do córrego Rico, tanto no período de seca como no período de precipitação.

Em relação às variáveis do grupo do nitrogênio (amônio, nitrito, nitrato e NTK), os esgotos constituem em geral a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal devido à hidrólise sofrida pela uréia na água (CISNEROS, 2001). Nas áreas agrícolas, o escoamento de águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio na água (MARGALEF, 1983). Sperling e Chernicharo (1998) afirmam que apenas algumas técnicas para o tratamento de esgoto, como o uso de “wetlands”, são eficientes para a remoção de amônio, nitrogênio total, fósforo total, coliformes fecais e ovos de helmintos.



**Figura 5.** Variação das concentrações de amônio (A), nitrato (B) e NTK (C), nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta.

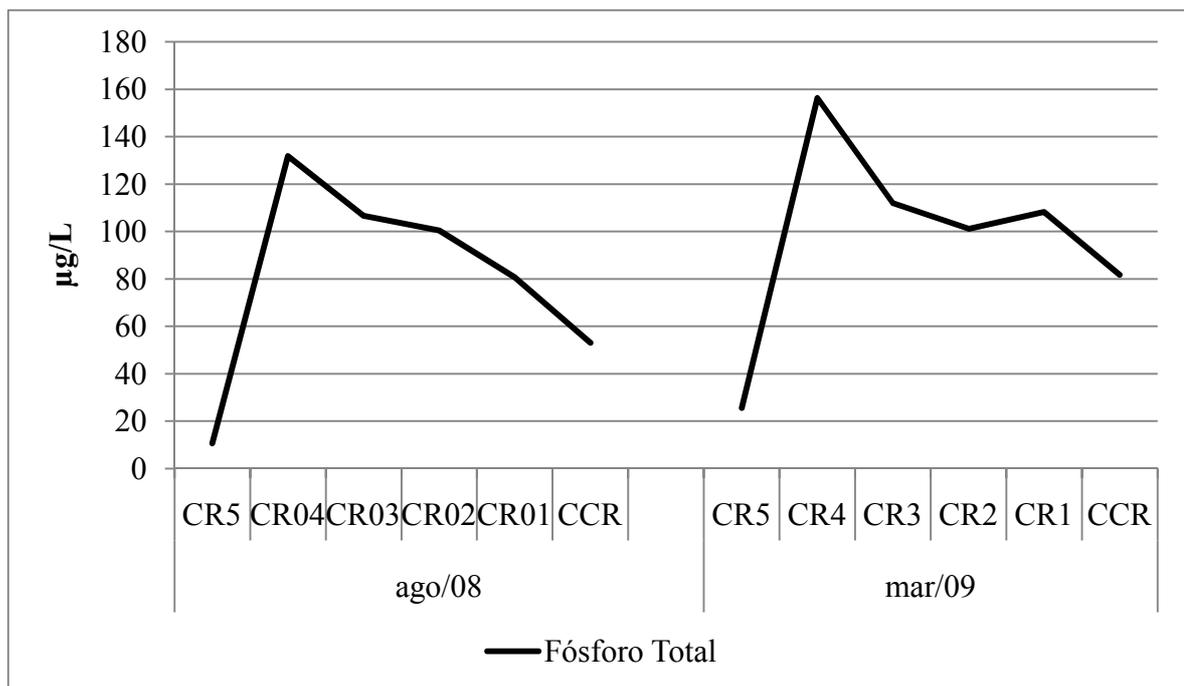
Os aumentos observados para as concentrações de amônio, nitrato e NTK, provavelmente estão relacionados à entrada do afluente que drena a área urbana do município de Monte Alto e a sua estação de tratamento de esgoto. Observa-se que, a princípio, ocorreu um aumento de amônio e nitrato e que posteriormente apenas a forma oxidada (nitrato) persistiu, este fato relaciona-se com a idade da poluição e sugere que ocorre um lançamento de esgoto recente entre os pontos CR5 e CR4 por causa da presença da amônia. Lopes (2005), também encontrou concentrações altas de amônio próximo ao ponto CR4 e que diminuíram no ponto CPT. Outros estudos (CFBIO, 2010) indicaram que a alta concentração de nitrogênio amoniacal atraiu o *Aedes aegypti* para a oviposição e que a volatilização dessa substância provavelmente foi o atrativo químico responsável pela orientação do vôo das fêmeas grávidas em direção aos recipientes onde colocaram seus ovos.

Analisando a **Tabela 2** observa-se que a concentração de fósforo total no ponto CR5, no período de seca foi de 10,65 µg/L e no período de chuva de 25,57 µg/L. No próximo ponto de coleta à jusante, o ponto CR4, apresentou valores de 131,77 µg/L no período de seca e 156,30 µg/L na época de precipitação. A **Tabela 6** mostra uma comparação entre os valores de fósforo total encontrados para o ponto CR5 e uma média dos resultados encontrados para todos os outros pontos de coleta. De acordo com o teste-T (ZAR, 1999), realizado para o conjunto de dados, o ponto CR5 apresenta valores de fósforo total que o diferenciam dos demais pontos.

Pontieri et al. (2008), também observou altos valores de fósforo total em águas do córrego Capão do Embira na cidade de Franca, SP, e que este aumento na concentração de fósforo total pode ter sido provocado pela contaminação do córrego pelas atividades agropecuárias da região, bem como pelos despejos vindos de uma estação de tratamento de esgotos presentes nas proximidades do córrego estudado.

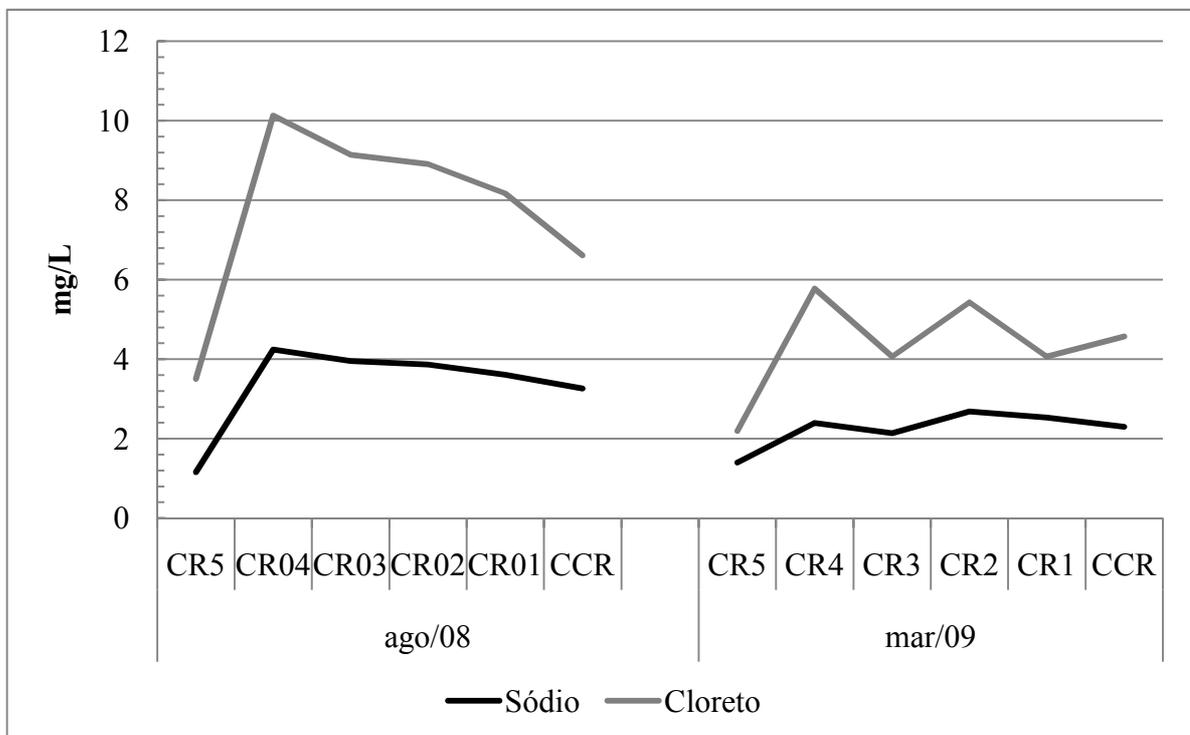
A **Figura 6** ilustra como se deu a variação dos resultados para fósforo total em todos os pontos de coleta em cada período. Todos estes fatores indicam que a principal fonte de fósforo total nas águas do córrego Rico são oriundas da sub-bacia do córrego do Gambá. Este afluente é o principal fator que diferencia os pontos CR5 e CR4, como pode ser observado no **Anexo 1 e 6**. O uso e ocupação do solo desta sub-bacia contemplam a área urbana do município de Monte Alto e sua estação de tratamento de esgoto que provavelmente são os principais responsáveis pelo aumento da concentração de fósforo total.

O fósforo total aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes super-fosfatados constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas (CISNEROS, 2001). O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais (WETZEL, 1983). Geralmente calcula-se que a contribuição de nitrogênio e fósforo por dejetos humanos é de: 2,18 g per capita/dia para fósforo e 10,80 g per capita/dia para nitrogênio (HENDERSON-SELLERS e MARKLAND, 1987).



**Figura 6.** Variação da concentração de fósforo total nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico.

Assim como houve uma diferença na concentração de fósforo total observou-se também a mesma variação para as concentrações de sódio. As concentrações de sódio no ponto CR5 foram: 1,15 mg/L na seca e 1,40 mg/L na época de precipitação. O ponto CR4 para os períodos de seca e precipitação apresentaram, respectivamente, os seguintes valores: 4,24 e 2,40 mg/L. Estes resultados podem ser observados na **Tabela 2** e na **Figura 7**. Provavelmente, este aumento na concentração de sódio está associado ao mesmo motivo que aumentou as concentrações de fósforo total, ou seja, a entrada do afluente que drena a área urbana do município de Monte Alto e sua estação de tratamento de esgoto.



**Figura 7.** Variação das concentrações de sódio e cloreto nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico.

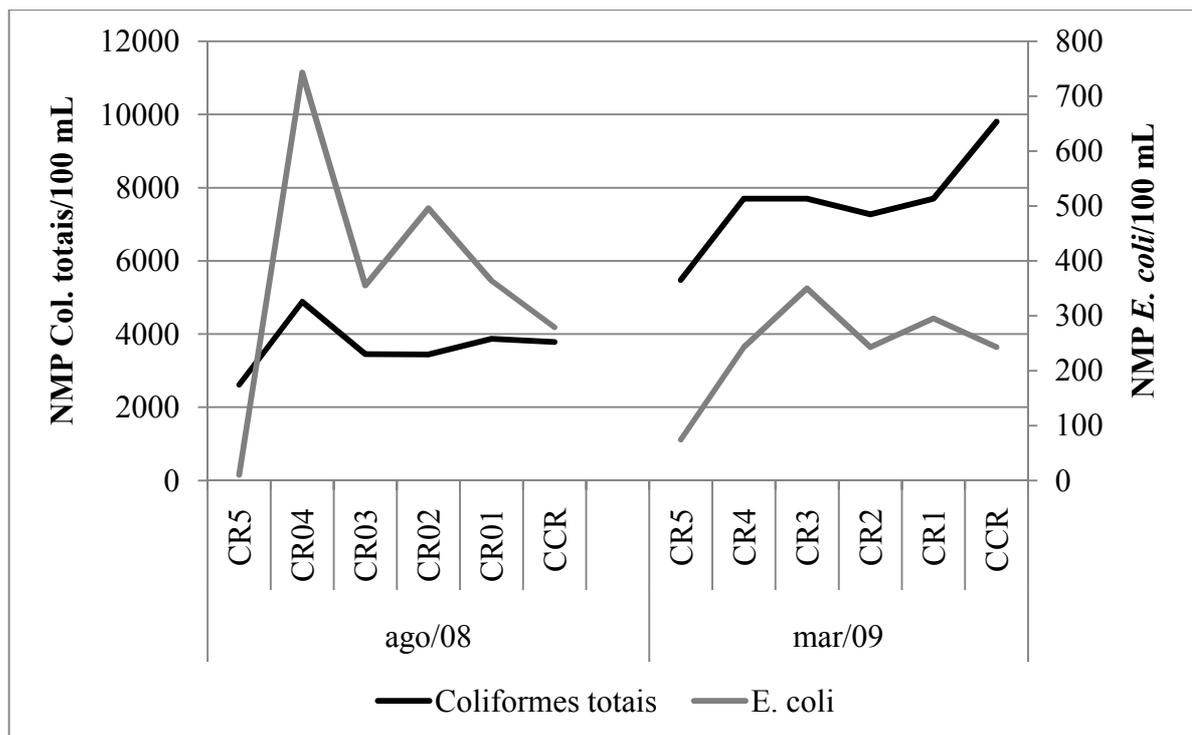
O sódio é o principal cátion de fluidos extracelulares em muitos animais. Altas concentrações podem inibir sistemas enzimáticos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Muitas espécies possuem como requisito para um desenvolvimento quase ótimo no nível limite de 4 mg/L deste elemento, concentração esta que está próxima da média de muitos lagos de águas duras. O enriquecimento das águas com elevados níveis de sódio e

fósforo, como acontece, por exemplo, com efluentes domésticos que transportam concentrações muito elevadas de detergentes sintéticos, foi indicado como sendo um contribuinte importante para a competição que existe entre as cianobactérias quanto à blooms (WETZEL, 1983)

Em relação às concentrações do íon cloreto, também foi observado um aumento entre os pontos CR5 e CR4. No período de seca a concentração de cloreto no ponto CR5 foi 3,51 mg/L, já no ponto CR4 esta concentração aumentou para 10,13 mg/L. No período de precipitação a concentração de 2,19 mg/L encontrada no ponto CR5 aumentou para 5,77 mg/L no ponto CR4. O cloreto quando presente em altas concentrações nas águas superficiais está associado ao lançamento de esgotos e a determinação da concentração de cloretos na água é uma medida indireta da poluição por esgotos domésticos (MENEGOL et al., 2001; APHA, 1998).

#### 4.2.2 – Análises microbiológicas

Quanto às análises microbiológicas, observou-se que ocorre, também, um aumento significativo de 74 para 243 NMP de *E. coli* em 100 mL entre os pontos CR5 e CR4. Na **Figura 8** pode ser observada a variação na concentração de coliformes totais e *E. coli*. A *Escherichia coli* é uma espécie de bactéria que está presente no intestino e em fezes de animais de sangue quente, este grupo de bactérias é um forte indicador que esta água possui contaminação por esgoto doméstico não tratado ou por efluentes de sistemas de criação intensiva de animais (ESTEVES, 1998).



**Figura 8.** Variação do número mais provável de coliformes totais e *E.coli* em 100 mL nos dois períodos de estudo e em cada ponto de coleta do córrego Rico.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são transmitidas por águas contaminadas (LIUSON et al., 2006). É evidente que a presença da bactéria *E. coli* na água indica que esta pode conter diversos organismos que podem causar doenças ao homem.

Segundo Hurst et al. (1996), os principais sintomas e doenças humanas causadas por vírus pela ingestão de água poluída ou contaminada relacionadas às fezes humanas são: gastroenterite aguda (astrovirus e calcivirus); febre, doenças respiratórias, meningite, herpangina, pleurodinia, conjuntivite, miocardipatia, diarreia, paralisia, encefalite, ataxia (poliovirus, coxsackievirus e echovirus); febre, mal-estar, icterícia, dores abdominais, anorexia e náusea (vírus da hepatite-A e hepatite-E); gastroenterite aguda com náusea e vômito (rotavírus dos grupos A e B). As principais bactérias causadoras de doenças humanas relacionadas à ingestão de água contaminada com fezes humanas são: *Aeromonas hydrophila*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*. Além das bactérias do gênero *Salmonellae* e *Shigellae*. Outros parasitas como o *Balantidium coli*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* e protozoários do gênero *Cryptosporidium* também estão relacionados a doenças causadas pela ingestão de água contaminada com fezes humanas. Conjuntivites e faringites causadas por adenovirus (sorotipos 1, 3, 4, 7 e 14) e esquistossomose (*Schistosoma sp*), que também são doenças relacionadas a presença de fezes humanas na água, podem ser transmitidas pelo simples contato com a água, sem ser necessária sua ingestão.

Zanini (2009) observou, no período de estiagem de 2008, variações entre 9.600 e 24.200 NMP/100mL de coliformes totais próximo ao ponto CR4 e de 2.700 a 19.900 NMP/100 mL no ponto CPT. Segundo a autora, as altas concentrações de coliformes totais indicaram a ação de despejo de esgoto de forma pontual próxima ao ponto CR4.

### 4.2.3 – Uso e ocupação do solo

A qualidade da água coletada no ponto CR5 relaciona-se com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego da Fazenda da Glória (**Anexo 6**). Já a qualidade da água coletada no ponto CR4 relaciona-se com o uso e ocupação do solo de duas sub-bacias hidrográficas, a do córrego da Fazenda da Glória (**Anexo 6**) e a do córrego do Gambá (**Anexo 7**). A entrada do afluente que drena a sub-bacia hidrográfica do córrego do Gambá é o principal fator que influencia na diferença da qualidade da água observada entre os pontos CR5 e CR4. Portanto, sugere-se que a piora na qualidade da água encontrada a partir do ponto CR4, é resultado do uso e ocupação do solo da sub-bacia do córrego do Gambá. A **Tabela 7** traz informações quanto ao uso e ocupação do solo das duas sub-bacias.

**Tabela 7** – Uso e ocupação do solo das sub-bacias hidrográficas do córrego da Fazenda da Glória e do córrego do Gambá.

Uso do Solo	Sub-bacia do Córrego da Fazenda da Glória		Sub-bacia do Córrego do Gambá	
	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem
Agricultura	24,58	47,02%	9,14	31,66%
Lagos e rios	0,16	0,30%	0,21	0,71%
Pastagem/campo	4,83	9,25%	3,17	10,98%
Solo exposto	10,69	20,46%	2,49	8,62%
Urbano	0,73	1,39%	3,76	13,02%
Vegetação arbórea/nativa	11,29	21,60%	10,10	35,00%
Total	52,27	100%	28,87	100%

Apesar da área da sub-bacia do córrego da Fazenda da Glória ser quase duas vezes maior que a sub-bacia do córrego do Gambá (**Tabela 7**), esta última interfere mais negativamente na qualidade da água do que a maior. Além disso, observa-se que a área urbana do uso e ocupação do solo da sub-bacia do córrego do Gambá é de 3,76 km<sup>2</sup>, e a do córrego da Fazenda da Glória é 0,73 km<sup>2</sup>. A área urbana do córrego do Gambá corresponde justamente a área urbana do município de Monte Alto. Estes fatos corroboram com os resultados da qualidade da água, pois, observa-se que as variáveis que sofreram uma diferença

significativa e indicam uma degradação da qualidade da água, estão relacionadas a cargas oriundas do esgoto doméstico.

Na sub-bacia do Córrego do Gambá, afluente da bacia hidrográfica do córrego Rico, observa-se processo erosivo mais intenso, sulcos profundos e voçorocas. Nos trabalhos de campo, foi detectado e definido como a área mais crítica da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, visto que ocorre crescimento de loteamentos em decorrência da expansão da cidade e por estar inserida na unidade argissolo (ITALIANO et al., 2003).

Molina et al. (2006) observaram que na microbacia do Córrego Água da Bomba (SP), os principais condicionantes da redução da qualidade da água medidos pelo IQA foram os lançamentos de esgoto e a água de drenagem urbana, principalmente no período seco do ano e, a erosão nas áreas rurais, no período chuvoso, condicionado pelo manejo incorreto dos solos e degradação das matas ciliares.

### 4.3 – Bases para gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do córrego Rico

#### 4.3.1 – Considerações quanto à classificação e potabilidade

O córrego Rico é classificado como Classe 2 de acordo com o Decreto do Estado de São Paulo Nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. A Resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA - dispõe sobre a classificação, condição e padrões dos corpos de água (BRASIL, 2005). Quando comparados os valores máximos permitidos para rios de classe 2 com os resultados encontrados, observa-se uma divergência para as variáveis fósforo total e mercúrio total. O valor máximo permitido, de acordo com a resolução, é 100 µg/L de fósforo total e 0,2 µg/L de mercúrio total.

Em relação ao fósforo total, em agosto de 2008 para os pontos CR4 e CR3, foram obtidos, respectivamente, os seguintes resultados: 131 e 106 µg/L. Já em março de 2009 para os pontos CR4, CR3, CR2 e CR1 foram obtidos, respectivamente, os seguintes resultados: 156, 111, 101 e 108 µg/L. Mais uma vez estes resultados apontam para uma diferença na qualidade da água após a entrada do afluente que drena a área urbana de Monte Alto e a não eficiência da estação de tratamento de esgoto. Quanto às concentrações de mercúrio observa-se uma concentração acima do permitido nos pontos CR1, CCR e CPT, onde foram observados, respectivamente, os seguintes valores: 0,77; 0,85; e 1,49 µg/L.

Em relação à potabilidade da água para consumo humano, estabelecida pela portaria número 518 de 2004 do Ministério da Saúde, considera-se imprópria para o consumo humano a água do córrego Rico, sem tratamento prévio (BRASIL, 2004). Diversas análises apresentaram resultados fora dos parâmetros permitidos. Foram encontrados valores acima do permitido para as seguintes variáveis: *Escherichia coli*, coliformes totais, turbidez e mercúrio.

Se o objetivo for o uso da água para dessedentação de animais, as águas do córrego Rico podem ser utilizadas, pois enquadram-se nos parâmetros estabelecidos para classe 3 pela resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005). Além disso, segundo a mesma legislação, esta água pode ser usada para irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora e recreação de contato secundário (atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação).

Satake et al. (2007), estudando propriedades rurais no entorno da bacia hidrográfica do Córrego Rico, verificaram que 100% dos valores encontrados eram maiores que o estabelecido pela lei (BRASIL, 2004), para coliformes totais e 46,6% para *E. coli*, evidenciando qualidade de água fora dos padrões para consumo humano.

### 4.3.2 – Análise de metais pesados dissolvidos

Não foram encontrados valores acima do limite de detecção para os seguintes metais: alumínio (LD < 0,2 mg/L), cádmio (LD < 0,2 mg/L), cromo (LD < 0,5 mg/L), cobre (LD < 0,2 mg/L), ferro (LD < 3,0 mg/L), manganês (LD < 0,5 mg/L), chumbo (LD < 0,5 mg/L) e zinco (LD < 0,25 mg/L). Apesar da maioria dos resultados das análises de metais encontrarem-se dentro do limite estabelecido por lei (BRASIL, 2005), observa-se que entre os pontos CCR e CPT ocorre um aumento significativo na concentração de mercúrio dissolvido (de 0,85 para 1,49 µg/L), como mostra a **Tabela 2**. Como elevadas concentrações de mercúrio foram encontradas apenas no período de chuvas, sugere-se que a presença deste elemento nas águas do córrego Rico foi devida a erosão e lixiviação do solo da bacia. Mais estudos devem ser realizados a partir do ponto de coleta CR2 para encontrar as fontes principais de mercúrio na bacia hidrográfica do córrego Rico.

O mercúrio e seus compostos são encontrados na produção de cloro e soda cáustica, em equipamentos elétricos e eletrônicos (baterias, retificadores, relés, interruptores, etc.), aparelhos de controle (termômetros e barômetros), tintas, amálgamas dentárias, fungicidas, lâmpadas de mercúrio, laboratórios químicos, preparações farmacêuticas, detonadores, óleos lubrificantes, catalisadores e na extração de ouro (SALGADO, 1996).

Sabe-se que a progressiva utilização do mercúrio para fins industriais e durante décadas na agricultura resultaram no aumento significativo da contaminação ambiental, especialmente da água e dos alimentos. Uma das razões que contribuem para o agravamento dessa contaminação é a característica singular do ciclo do mercúrio no meio ambiente. A biotransformação por bactérias do mercúrio inorgânico a metilmercúrio é o processo responsável pelos elevados níveis do metal no ambiente. Esse metal demonstra afinidade por diversos tecidos do organismo humano. A exposição a elevadas concentrações desse metal pode provocar febre, calafrios, dispnéia e cefaléia, durante algumas horas. Sintomas adicionais envolvem diarreia, câibras abdominais e diminuição da visão. Casos severos progridem para edema pulmonar, dispnéia e cianose. As complicações incluem enfisema, pneumomediastino e morte; raramente ocorre falência renal aguda (SALGADO, 1996).

### 4.3.3 – Comparação da composição iônica dos córregos em estudo.

A concentração de sais dissolvidos varia enormemente nas águas continentais em razão das peculiaridades da hidrogeoquímica regional e das drenagens de rochas ígneas ou sedimentares. De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) os rios tropicais têm tendência a concentrações muito menores que rios de regiões temperadas. A **Tabela 8** mostra a composição iônica média das águas de rios de diferentes continentes e dos córregos em estudo. Observa-se que a concentração de sulfato, cálcio, magnésio e sódio dos córregos em estudo são menores que as médias da água dos rios de outros continentes e da América do Sul. Para o córrego Rico as concentrações de cloreto, nitrato e potássio são maiores que as esperadas para o continente sul americano.

**Tabela 8.** Composição iônica média (em mg/L) das águas de rios em diferentes continentes e dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008).

<b>Continente</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>Ca<sup>++</sup></b>	<b>Mg<sup>++</sup></b>	<b>Na<sup>++</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>
América do Norte	40,3	8,1	0,2	42,0	10,2	9,0	1,6
América do Sul	9,6	4,9	0,2	14,4	3,6	3,9	0,0
Europa	48,0	6,7	0,8	62,4	11,4	5,3	1,6
África	9,3	20,2	0,2	7,9	7,8	21,5	-
Córrego Rico	0,3	6,1	0,6	1,4	2,1	2,9	2,0
Córrego Tijuco	0,1	4,7	0,3	1,4	2,2	2,4	1,6

Também comparou-se a composição iônica média da água de abastecimento de diversas cidades da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu e dos córregos em estudo. Estes dados foram extraídos de Lemes (2001) que utilizou a mesma metodologia para a quantificação de íons. Na **Tabela 9** estão os resultados encontrados por Lemes (2001) e os resultados encontrados neste trabalho. Foram adicionadas a tabela a concentração média de íons do ponto CPT (captação de água para o município de Jaboticabal) e as concentrações médias de íons para os córregos Rico e Tijuco.

**Tabela 9.** Composição iônica média (em mg/L) das águas de abastecimento para diferentes cidades da bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu e dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Lemes (2001).

<b>Local de coleta</b>	<b>F<sup>-</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>Na<sup>++</sup></b>	<b>NH<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>
São João da Boa Vista	0,093	1,691	3,829	0,721	4,083	0,047	3,324
Espirito Santo do Pinhal	0,055	1,452	4,060	1,123	2,586	0,080	2,803
Águas da Prata	0,117	0,583	1,321	0,443	2,539	0,055	3,253
São Roque da Fartura	0,044	0,857	1,957	0,583	1,763	0,106	1,869
Cascata	0,052	0,254	0,361	0,119	1,611	0,030	1,176
Nossa Senhora Aparecida	0,094	0,724	1,371	0,326	1,613	0,036	1,634
Santo Antônio do Jardim	0,115	1,417	1,336	0,416	4,366	0,058	3,799
Jaboticabal (CPT)	0,057	4,705	0,505	0,450	2,528	0,001	1,725
Córrego Rico	0,030	5,920	0,603	0,285	2,793	0,043	1,915
Córrego Tijuco	0,031	4,745	0,287	0,149	2,404	0,014	1,654

Como pode ser observado na **Tabela 9**, as concentrações de cloreto no córrego Rico e no Tijuco estão bem acima que das outras cidades. Este fato pode estar relacionado aos processos de erosão e lixiviação do solo. Além disso, a concentração de cloreto no córrego Rico é ainda maior que no Tijuco e isto pode estar relacionado à drenagem da área urbana do município de Monte Alto e de sua estação de tratamento de esgoto. As concentrações dos outros elementos apresentam-se dentro das variações encontradas para as outras cidades da bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu.

Na **Tabela 10** encontra-se a composição iônica média das águas que drenam os tipos de rochas mais comuns (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008) em comparação com a concentração média de íons dos córregos Rico e Tijuco.

**Tabela 10.** Composição iônica média (em mg/L) das águas que drenam os tipos de rochas mais comuns e das águas dos córregos Rico e Tijuco. Modificada de Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008).

<b>Rocha</b>	<b>Ca<sup>++</sup></b>	<b>Mg<sup>++</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>
Granito	0,8	0,4	2	0,3	0	1,5
Varias origens*	1,2	0,7	1,8	0,4	0	2,7
Vulcânicas	3,1	2	2,4	0,5	0	0,5
Arenito	1,8	0,8	1,2	0,8	0	4,6
Argilosas	8,1	2,9	2,4	0,8	0,7	6,9
Carbonatadas	51,3	7,8	0,8	0,5	0	4,1
Córrego Rico	1,3	2,0	2,8	1,9	5,9	0,3
Córrego Tijuco	1,4	2,2	2,4	1,7	4,7	0,1

\*xistos, quartzo e feldspática.

Observa-se na **Tabela 10** que a água dos córregos Rico e Tijuco apresentam uma concentração de cloreto e potássio muito maior. As concentrações de magnésio e sódio assemelham-se as concentrações encontradas para águas que drenam rochas argilosas. As concentrações de sódio estão abaixo dos valores encontrados para águas que drenam os tipos de rochas indicados na tabela.

#### 4.3.4 – Topografia, altimetria e declividade da bacia hidrográfica do córrego Rico

Estudos fotointerpretativos da paisagem permitem a elaboração de mapas temáticos com informações de natureza qualitativa e quantitativa, como a morfologia da rede de drenagem e do uso/ocupação do solo. Entretanto, a fotointerpretação deve ser parte da investigação global combinada com trabalhos de campo e de laboratório (PISSARRA, 2002; PINTO et al., 2004; BORGES et al., 2005).

Antes da confecção do mapa de declividade (**Anexo 5**), que indica onde os processos erosivos podem ocorrer de forma mais expressiva, tiveram que ser elaborados outros 2 mapas. O primeiro (**Anexo 3**) trás informações quanto à topografia e as principais cotas de altitude. Este mapa também auxilia a encontrar regiões de nascente e os padrões de drenagem e escoamento superficial do terreno. Posteriormente foi confeccionado o mapa altimétrico da bacia (**Anexo 4**), a menor distancia entre os terrenos com cotas de altitudes diferentes indicam quais as regiões com maior declividade (**Anexo 5**).

Analisando o mapa topográfico e hidrográfico da bacia hidrográfica do córrego Rico, foram encontradas no total 437 nascentes. Antes do ponto de captação de água para o município de Jaboticabal (CPT) foram encontradas 369 nascentes, destas, 230 no o córrego Rico e 139 no córrego Tijuco. Após o ponto de captação de água, foram encontradas 68 nascentes. Estes números estão sub-estimados, sendo necessária uma análise mais profunda da rede hídrica e de suas nascentes. Analisando a imagem de satélite observa-se que poucas nascentes possuem vegetação arbórea ou nativa na composição de suas matas ciliares e que existem mais nascentes na porção oeste da bacia hidrográfica. Segundo a resolução CONAMA n. 303 de 20 de março de 2002, é necessário a preservação de um raio de 50 metros a partir da origem da nascente para que seja evitado o assoreamento e preservada a qualidade da água do manancial.

No mapa altimétrico (**Anexo 4**) as maiores altitudes estão na região oeste da bacia e as mais baixas na região leste. A diferença nas altitudes entre a região leste e oeste da bacia interferem evidentemente nas características limnológicas do córrego Rico. Da nascente do córrego rico até o ponto de captação de água para o município de Jaboticabal ocorre um desnível de aproximadamente 150 metros. Rios que apresentam baixo declive, principalmente, no curso inferior ou rios de planície com grande superfície de água,

assemelham-se às condições de um lago, com todas as conseqüências no balanço de substâncias e comunidades (SCHÄFER, 1985). Na região oeste observa-se que os rios apresentam características dendríticas e o relevo acidentado associado ao solo arenoso nesta região favorece processos erosivos e o assoreamento das nascentes. Isto concorda com Pissarra (2002) que encontrou diferentes classes e textura de solos nesta porção da bacia hidrográfica.

De acordo com o mapa de declividade (**Anexo 5**). Observa-se que a maior parte da área da bacia hidrográfica do córrego Rico apresenta declividade entre zero e 12%. Segundo Guerra e Cunha (2004), como mostra a **Tabela 11**, estas áreas podem ser usadas para agricultura com práticas moderadas de conservação do solo. As regiões que apresentam uma declividade maior que 20% estão concentradas a oeste da bacia, nestas regiões devem ser priorizadas o uso do solo com culturas permanentes com restrições e áreas de preservação obrigatória. Além disso, recomenda-se, principalmente para a porção oeste da bacia hidrográfica, a implantação de curvas de nível, terraceamento, plantio direto, cultura em faixas, rotação de culturas, consorciação de culturas e faixas de vegetação nativa no meio do canal.

**Tabela 11** – Tipos de uso do solo indicado para os diversos intervalos de classe de declive. (adaptado de Bigarella et. al., 1979).

<b>Tipo de uso do solo indicado</b>	<b>Declive em percentual</b>
Agricultura sem restrições	<1
Agricultura intensiva	1 a 6
Medidas de conservação ligeiras	
Agricultura com práticas moderadas conservacionistas	6 a 12
Agricultura com rotação	12 a 20
Limite do trator	
Conservação intensiva	
Culturas permanentes com restrições	20 a 45
Área de preservação obrigatória	>45

## 5. CONCLUSÕES

Ocorrem diferenças significativas na qualidade da água da bacia hidrográfica do córrego Rico entre os períodos de seca e precipitação para as seguintes variáveis: amônio, brometo, cloreto, nitrato, NTK, sódio, fósforo total, magnésio, potássio, temperatura e turbidez.

Ocorrem também diferenças significativas após a entrada do afluente que drena a área urbana da cidade de Monte Alto e sua estação de tratamento de esgoto. A qualidade da água sofre impactos negativos e isso foi evidenciado através dos resultados encontrados para as seguintes variáveis: cloreto, coliformes totais, *E. coli*, fósforo total, nitrato, NTK, sódio e sulfato.

Após o ponto CR5 foram observadas as maiores variações e as maiores concentrações médias de íons e nutrientes totais no Córrego Rico. Na coleta realizada em março de 2009 observaram-se altas concentrações de mercúrio dissolvido após a estação CR2.

A água dos córregos Rico e Tijuco é imprópria para o consumo humano, sem tratamento convencional prévio. Se o objetivo for a dessedentação de animais, as águas do córrego Rico podem ser utilizadas, pois enquadram-se nos parâmetros estabelecidos para classe 3 pela resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005). Além disso, segundo a mesma legislação, esta água pode ser usada para irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora e recreação de contato secundário (atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação).

Recomendam-se práticas conservacionistas na porção oeste da bacia hidrográfica do córrego Rico. Estas áreas apresentam maior declividade, maior número de nascentes e classes de solo mais propícias a erosão que podem causar maiores impactos a qualidade da água da bacia hidrográfica do córrego Rico.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16. ed. New York: APHA, 1998.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCO, V. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.1-20, 1998.

ARUGA, Y. 1965. Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton. II. Photosynthesis of algae in relation to light intensity and temperature. **Bot. Mag.** Tokyo 78:360-365

BARBOSA, F. A. R. Programa brasileiro para conservação e manejo de águas interiores: síntese das discussões. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 211-222, jun. 1994.

BENICASA, M. **Estudo hidrológico preliminar da região de Jaboticabal**. 1971. 83 f. (trabalho) – Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. Jaboticabal. 1971.

BICUDO, C.E.M.; BICUDO. D.C. **Amostragem em limnologia**. São Carlos: RiMa. 2004. 371p. ISBN 85-86552-82-8

BIGARELLA, J.J. **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional**. Curitiba. Secretaria de Planejamento do Paraná/Associação de defesa e educação ambiental. 1978. 248p.

BORGES, M.J.; PISSARRA, T.C.T.; VALERI, S.V.; OKUMURA, E.M., Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.69, p.93-103, 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo populacional de 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 25 de setembro de 2009.

BRASIL. Ministério Da Saúde. Portaria nº 518 de 25/03/2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 de Março 2004.

BRASIL. Resolução MMA/CONAMA 357 de 17 de março 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 de Março 2005.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J. Monitoramento de variáveis de qualidade de água no horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Rev. Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-8, set/dez. 2005.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2002.** CETESB: São Paulo, 2003. 273p.

CFBIO - Conselho Federal de Biologia. Água que atrai mosquito. Notícia. Disponível em: <http://www.cfbio.gov.br/noticias.php>. Acessado em 20/01/2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Not. Geomorfol.**, 18:130-132, 1978.

CISNEROS, B.E.J. **La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada.** México: Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C.; Instituto de Ingeniería de La UNAM y FEMISCA, 2001, 962p.

CUNHA, S.B.; GUERRA, J.T., **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. 392p. ISBN 85-286-0670-8

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, São Paulo, Brasil. **Rev. Eng. Agríc.** 25(1):115-125. 2005.

DUARTE-JUNIOR, J.B.; GARCIA, R.F.; COELHO, F.C.; AMIM, R.T.; Desempenho de trator-implemento na cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto e convencional. **R. Bras. Eng. Agr. e Ambiental.** v.12, n.6 p.653-658. 2008

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia.** Interciência. Rio de Janeiro. FINEP. 575 p. 1998.

FIGUEIREDO, E. M. Análise da contaminação por nitrato no aquífero livre e semi-confinado na área urbana de Natal-RN. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.13, p.75-85, 1990.

GARCEZ, L.N. **Hidrologia.** Edgard Bwcher. São Paulo. 449 p. 1967

GUERRA, J.T.; CUNHA, S.B., **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2004. 394p. ISBN 85-286-0573-6

GURGEL, B.S., **Avaliação de impactos ambientais por estudo geoquímico na bacia do córrego Rico, Paracatu - MG.** Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília. 2007

HARRIS, D.C., **Quantitative chemical analysis.** 1998. 899p. ISBN 0-7167-2881-8

Henderson-Sellers, B. and Markland, H.R. (1987). **Decaying Lakes: The Origins and Control of Cultural Eutrophication.** John Wiley and Sons, New York, NY, 254 pp

HURST, C.J.; KNUDSEN, G.R.; MCINERNEY, M.J.; STETZENBACH, L.D.; WALTER, M.V., **Manual of Environmental Microbiology.** Washington: American Society for Microbiology. 1996. 894p. ISBN 1-55581-087-X

IHA, D.S. - **Levantamento das condições hídricas e ambientais da bacia hidrográfica do córrego Rico, município de Jaboticabal, SP.** (Monografia de Graduação)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

IHA, D.S.; GALBIATTI, J.A.; PISSARRA, T.C.T.; BORGES, M.J. Estudo de alguns parâmetros da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico no município de Jaboticabal (SP) com vistas ao uso e manejo dos recursos hídricos. In: **XV ENCONTRO DE BIÓLOGOS DO CRBio-1**, 2004. São Pedro, SP. Livro de resumos, 2004. v.1. p.89-90.

ISSAC-MARQUEZ A.P.; LEZAMA-DAVILA C.M.; KU-PECH R.P.; TAMAY-SEGOVIA P., Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. **Salud Pública Méx.** 1994. 36:655-61.

ITALIANO, W.J.; HOJAIJ, A.; COSTA, L.L.; GIACOMETTI, L.; ZANETTI, L.M.F.; GALBIATTI, J.A.; PISSARRA, T.C.T.; PALA, V.L. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicadas no Projeto de Gestão Hídrica do Município de Jaboticabal – Córrego Rico Limpo. In: **XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO.** Belo Horizonte, 2003. p.575-81.

LEMES, M.J.L., **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi Guaçu e Pardo, São Paulo.** IPEN. São Paulo. 2001. (tese de doutorado)

LIUSON, G.; ISHIKAWA, C.M.; BALIAN, S. de C. Condições sanitárias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, K.G.; SANT'ANNA, C.L. (Ed.). **Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo.** São Carlos: Editora Rima, cap. 7. 2006. p.121-46.

LOPES, L. G. ; COSTA JÚNIOR, L. L. ; ITALIANO, W. L. ; HOJAIJ, A. ; ZANETTI, L.M.G.F.; MARQUES JÚNIOR, S.A., Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (Jaboticabal - SP). In: **33a Assembléia Nacional da Assemae, 2003**, Santo André. Saneamento Inclusão Social. Jaboticabal : Assemae, 2003.

LOPES, L.G.; AMARAL, L.A.; HOJAIJ, A. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP. In: **Assembléia Nacional de Serviços Municipais de Saneamento, 2005**. ASSEMAE, v.1, 2005. 4p.

MARGALEF, R., **Limnologia**. Ed. Omega, S.A., Barcelona. 1983. 1010p., ISBN 84-282-0714-3

MAROTTA, H.; SANTOS, R.O.; ENRICH-PRAST, A., Monitoramento limnológico: um instrument para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, SP, v. XI, n.1, p. 67-79. jan.-jun. 2008.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995. 62p.

MENEGOL, S.; MUCELIN, C.A.; JUCHEN, C.R., 2001. Avaliação das características físico-químicas do leito do rio Alegria. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**. 2001.

MOLINA, P.M.; HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S. Índice de qualidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba – município de Regente Feijó – SP. In: **XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. Goiânia. Anais..., ABID, 2006. p.1-5.

MORIÑIGO, M.A.; WHEELER; D.; BERRY, C.; JONES, C., Evaluation of different bacteriophage groups as faecal indicators in contaminated natural waters in souther England. **Water Res.**, 26:261-1, 1992.

NUSH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. **Archives of Hydrobiology**, v.14, p.14-36, 1980.

OLIVEIRA, J. B. de, CAMARGO, M.N., ROSSI, M., CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: EMBAPA - Solos, 1999, 64p.

OLIVEIRA, L.C.; GOMES, B.M.; BARTNER, G.; SEBASTIEN, N.Y., Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco verdadeiro. **Rev. Eng. Agríc.** 28(4):770-781. 2008.

OLIVEIRA, S.M.A.C., **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. 2006. (tese de doutorado)

PENTEADO, M.M., RANZANI, G. Aspectos geomorfológicos do Município de Jaboticabal. **Geographica**, Upsala: v.25, p.41-62, 1971.

PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997.56p.

PINTO, F.R.; LOPES, L.G.; SAMPAIO, C.F.; MALTA, A.S.; AMARAL, L.A., Detecção simultânea de diuron e hexazinona em água de fonte de abastecimento na área rural da Microbacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM**. São Carlos. 2009.

PISSARRA, T.C.T. **Análise da bacia hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP**: comparação entre imagens TM-Landsat e fotografias aéreas verticais. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2002. 132p. (Tese de Doutorado)

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **R. Bras. Ci. Solo**. 28:297-305. 2005.

POLITANO, W. **Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3a, 2a, 1a ordem de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos**. Jaboticabal. 1992. 331f. Tese (Livre Docência)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

PONTIERI, M. H.; RODRIGUES JUNIOR, P. C.; COVAS, V. D. S.; PELIZER, L.H. Avaliação preliminar da qualidade da água do córrego Capão do Embirá – Franca (SP). **Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal**, ISSN 2175-1641 (Online), ISSN 1518-756X (Impressa), Joinville, Santa Catarina, Brasil. Vol. 9. n. 2. 2008

SALGADO, P. E. T. Toxicologia dos metais. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo, 1996. cap. 3.2, p. 154-172

SÃO PAULO. (1974) Instituto Geográfico e Geológico. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo (Coletânea de Cartas).

SATAKE, F.M.; ASSUNÇÃO, A.W.A; SILVA, L.J.; FERREIRA, A.C.N; AMARAL, L.A.; LOPES, L.G. Características da água em propriedades rurais situadas na microbacia do córrego rico durante o período chuvoso. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 2007.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: EDUNI-SUL, 1985. 532 p.

SCHOLTEN, C.; HONDA, N. S.; GATTI JR. P.; CARVALHO, F. A.; LOPES, G. L.; AMARAL A. L., Estudo de diferentes indicadores de poluição fecal nas águas do córrego Rico, manancial de abastecimento de cidade de Jaboticabal-SP. **XXXV COMBRAVET - Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária**, 2008. In: Anais..., Gramado. 2008.

SIMÕES, L.B.; CARDOSO, L G. Avaliação das larguras de matas ripárias para controle da poluição difusa. Energia na agricultura. In: R. HENRY. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: RIMA, 2003. p.339-49.

SOUZA, A.D.G. de; TUNDISI, J.G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.60, n.4, p.563-70, 2000.

SPERLING, M. V.; CHERNICHARO, C.A.L., **A comparison between wastewater treatment processes in terms of compliance with effluent quality standards**. In: XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental., 1998, Lima. Anais, XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental., 1998. v. 1. p. 287-292.

TSEZOU, A.; S. KITSIOU-TZELI, A.; GALLA, D.; GOURGIOTIS, J.; PAPAGEORGIOU, S.; MITROU, P.A.; MOLYBDAS, C.; SINANIOTIS. 1996. High nitrate content in drinking water: Cytogenetic effects in exposed children. **Archives of Environmental Health** 51(6):458-61.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. RIMA/IEE, 2003. 247p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p. ISBN: 978-85-86238-66-6.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M, Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, Nova York, v. 277, n. 5, p. 494-499, out. 1997.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. California: Academic Press, 1983.

ZANETTI, L. M. G. F., COSTA JR, L. L., ITALIANO, W. L., PALLA, V. L., GALBIATTI, J. A., PISSARRA, T. C. T., HOJAIJ, A., LOPES, L. G., VENTURA, K. S. Implantação do programa de saneamento rural - esgoto na bacia hidrográfica do córrego rico. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO-ASSEMAE, 33, 2003. Santo André. **ASSEMBLÉIA NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO-ASSEMAE**. Santo André : ASSEMAE, 2003. v. 1.

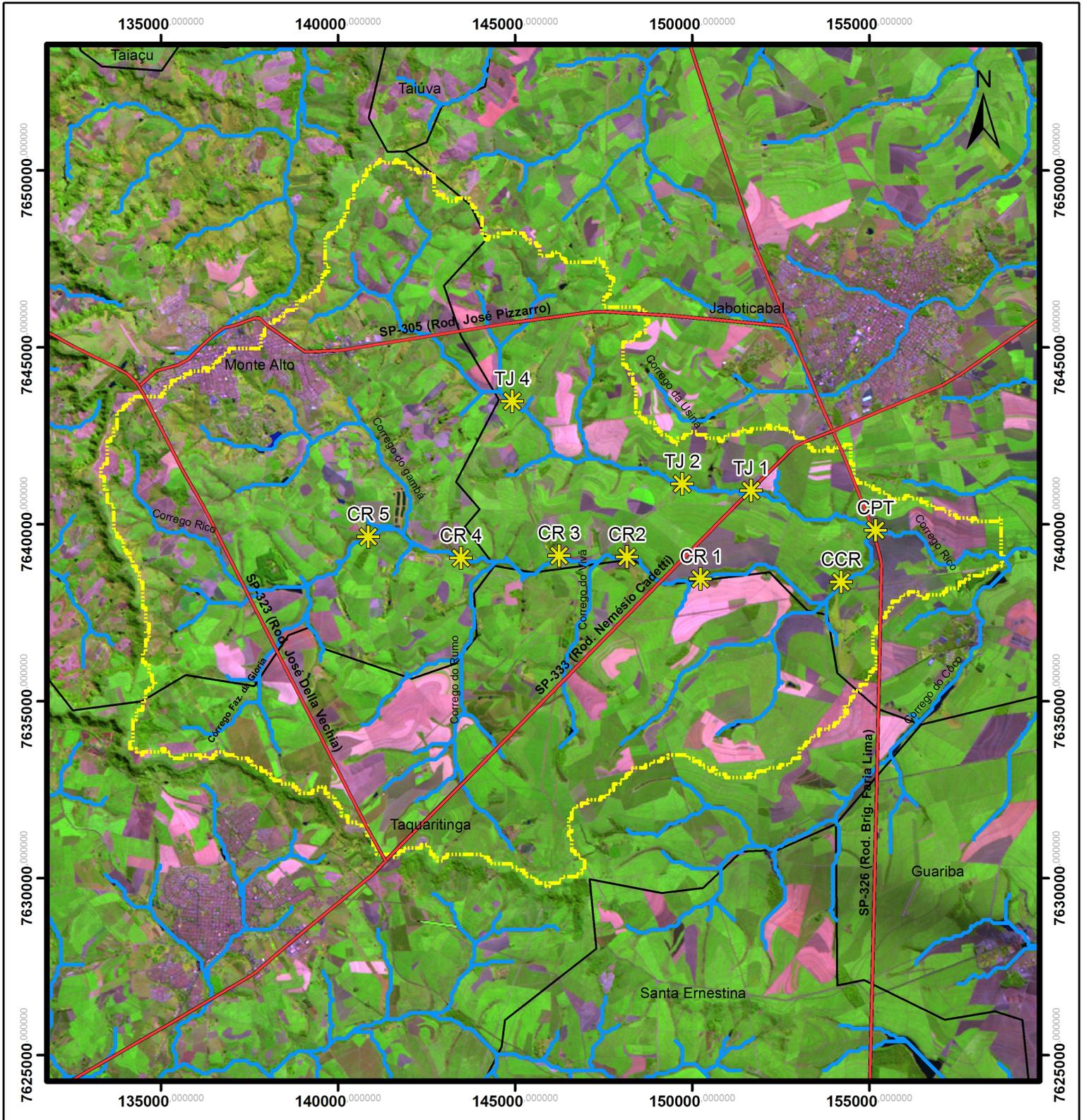
ZANINI, H. L. H. T., **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego Rico que abastece Jaboticabal (SP)**. FCAV/UNESP. 2009 (tese de doutorado)

ZAR, J. H., 1999, **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jersey, 663p.

ZHU, Y.P.; ZHANG, H.P.; CHEN, L.; ZHAO, J.F. Influence of the South-North water Diversion Project and the mitigation projects on the water quality of Han River. **Science of the Total Environment**. v.406, n.1-2. p.57-68, 2008.

## ANEXO 1

# Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico

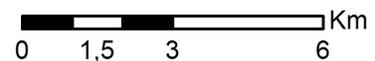


-  Pontos de Coleta
  -  Rodovias
  -  Drenagem
  -  Bacia\_corregorico
  -  Limite de Municípios
- Imagem Landsat TM5**
- RGB**
-  Red: Band\_1
  -  Green: Band\_2
  -  Blue: Band\_3



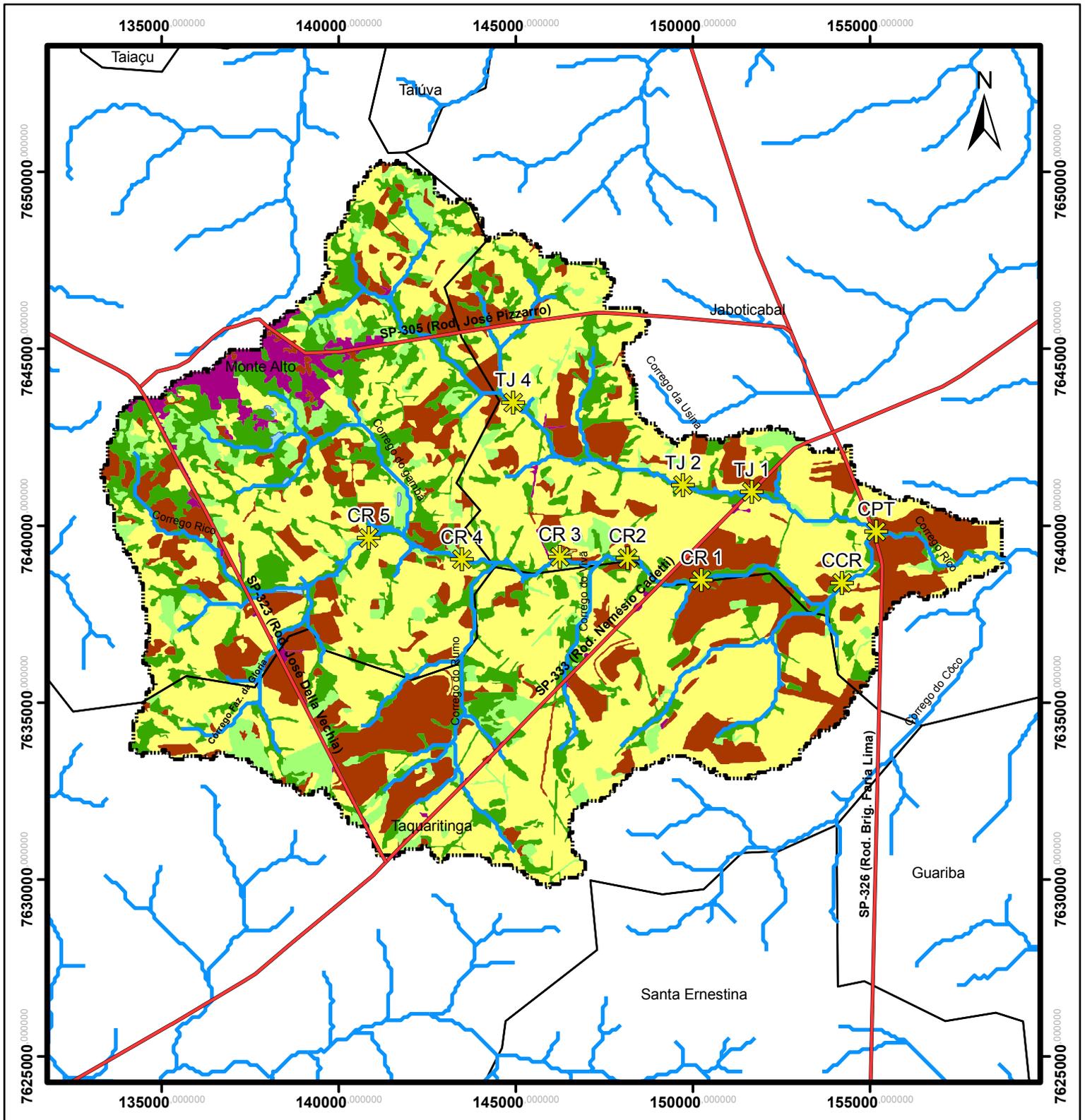
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem de Satélite Landsat TM5  
 Banda: 232/066  
 Data: 31/07/2009  
 Fonte: INPE, 2009

Escala 1:150.000



## ANEXO 2

# Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico



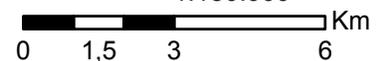
## Legenda

- |  |  |
|--|--|
|  Pontos de Coleta     | <b>Classificação</b>   |
|  Rodovias             |  AGRICULTURA  |
|  Drenagem             |  PASTAGEM     |
|  Bacia_corregorico    |  SOLO EXPOSTO |
|  Limite de Municípios |  USO URBANO   |
|  |  VEG. NATIVA  |
|  |  ÁGUA         |



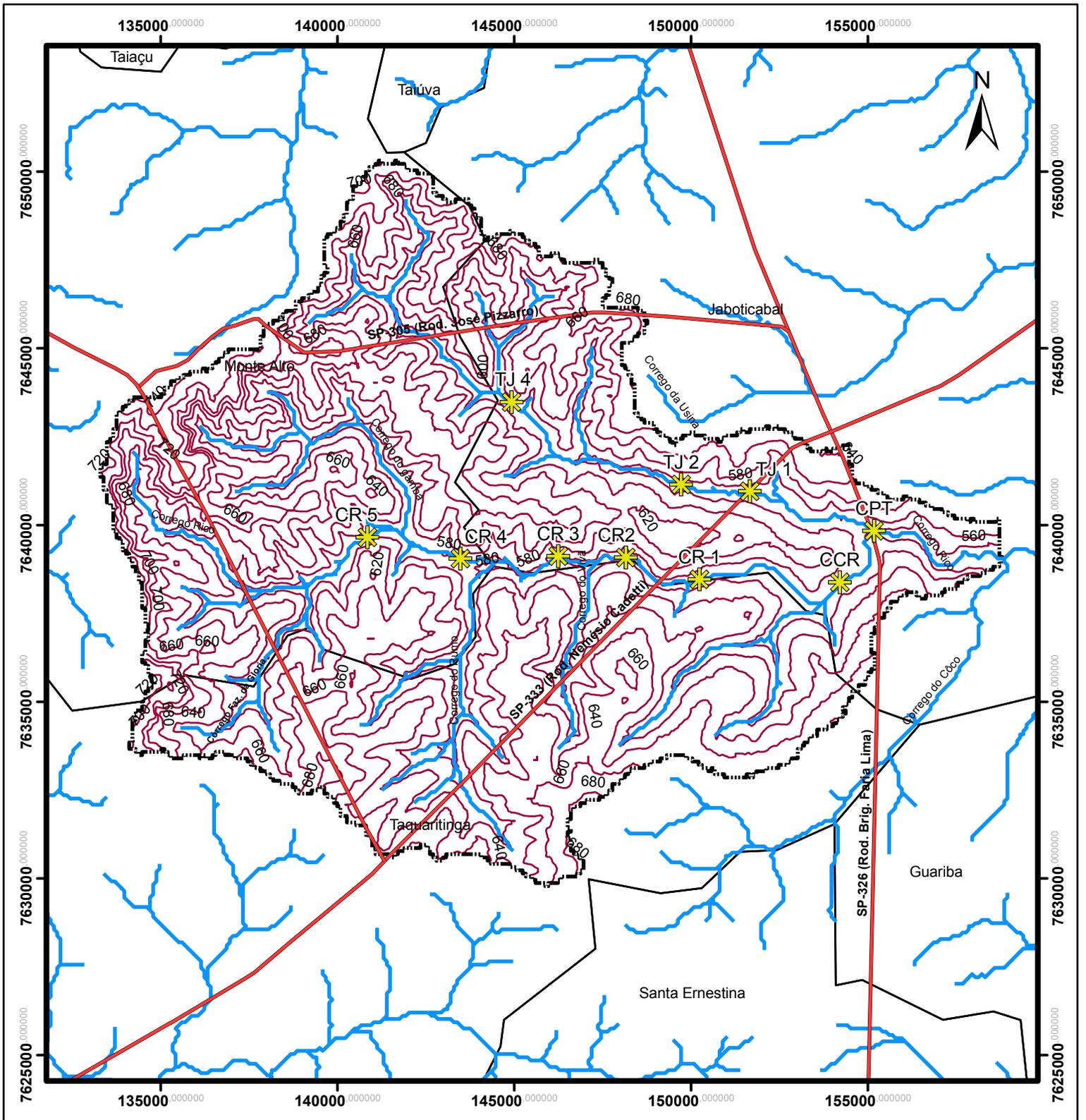
Projeção Universal Transverse de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem de Satélite Landsat TM5  
 Banda: 232/066  
 Data: 31/07/2009  
 Fonte: INPE, 2009

Escala 1:150.000



## ANEXO 3

# Mapa Topográfico da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico



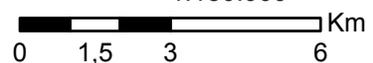
## Legenda

-  Pontos de Coleta
-  Rodovias
-  Drenagem
-  Bacia\_corregorico
-  Curva de Nivel 20m
-  Limite de Municípios



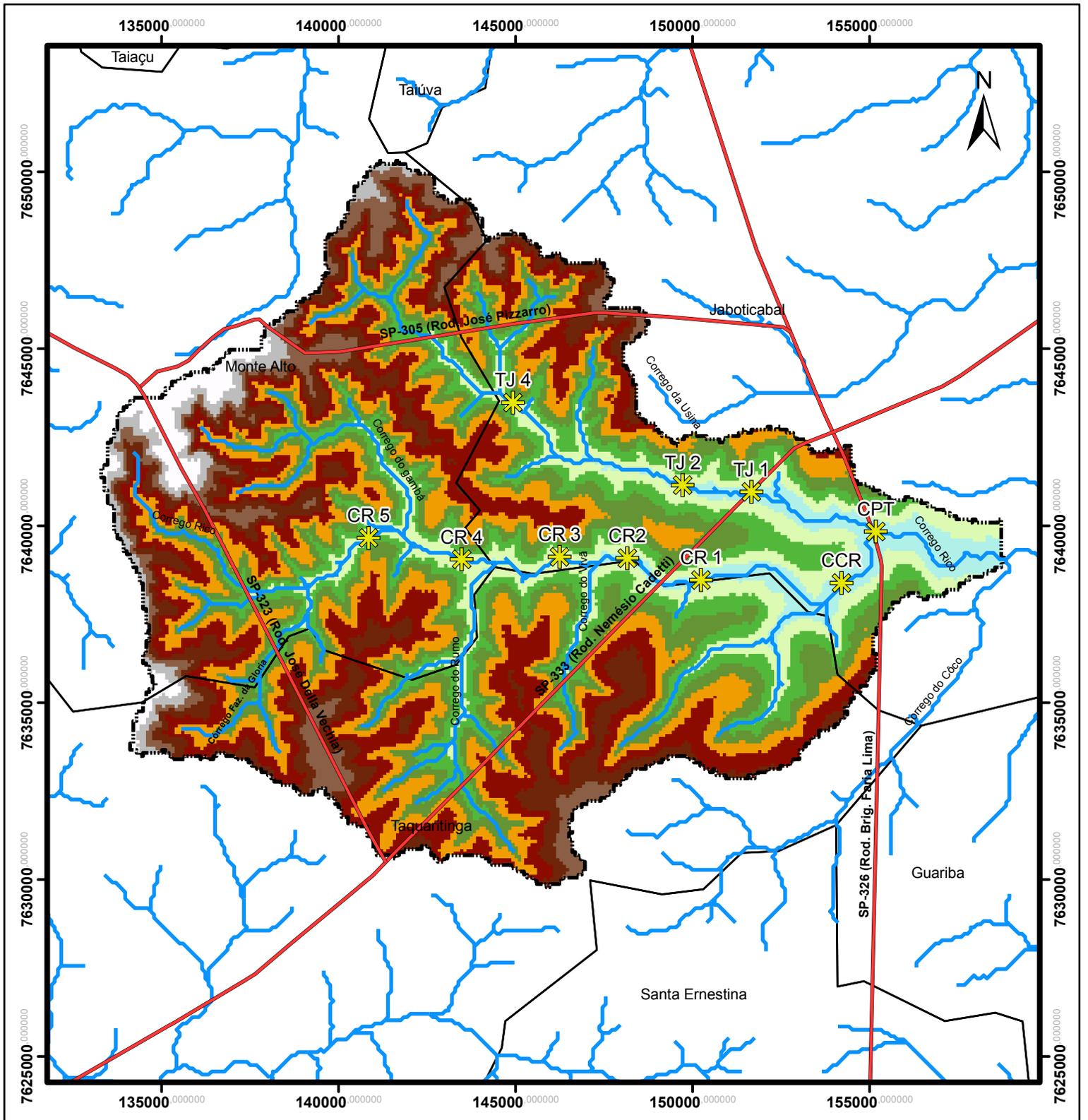
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
South American Datum 1969 (SAD69)  
Fuso 23S  
Imagem SRTM 90m  
Banda Z\_27\_17  
Fonte: CGIAR, 2009

Escala 1:150.000



## ANEXO 4

# Mapa Altimétrico da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico



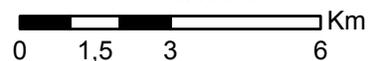
## Legenda

- |                   |                      |  |           |
|-------------------|----------------------|--|-----------|
|                   | Pontos de Coleta     |  | 577 - 595 |
|                   | Rodovias             |  | 595 - 611 |
|                   | Drenagem             |  | 611 - 625 |
|                   | Bacia_corregorico    |  | 625 - 638 |
|                   | Limite de Municípios |  | 638 - 652 |
| <b>Altimetria</b> |                      |  | 652 - 668 |
| <b>(metros)</b>   |                      |  | 668 - 690 |
|                   | 541 - 577            |  | 690 - 714 |
|                   |                      |  | 714 - 754 |



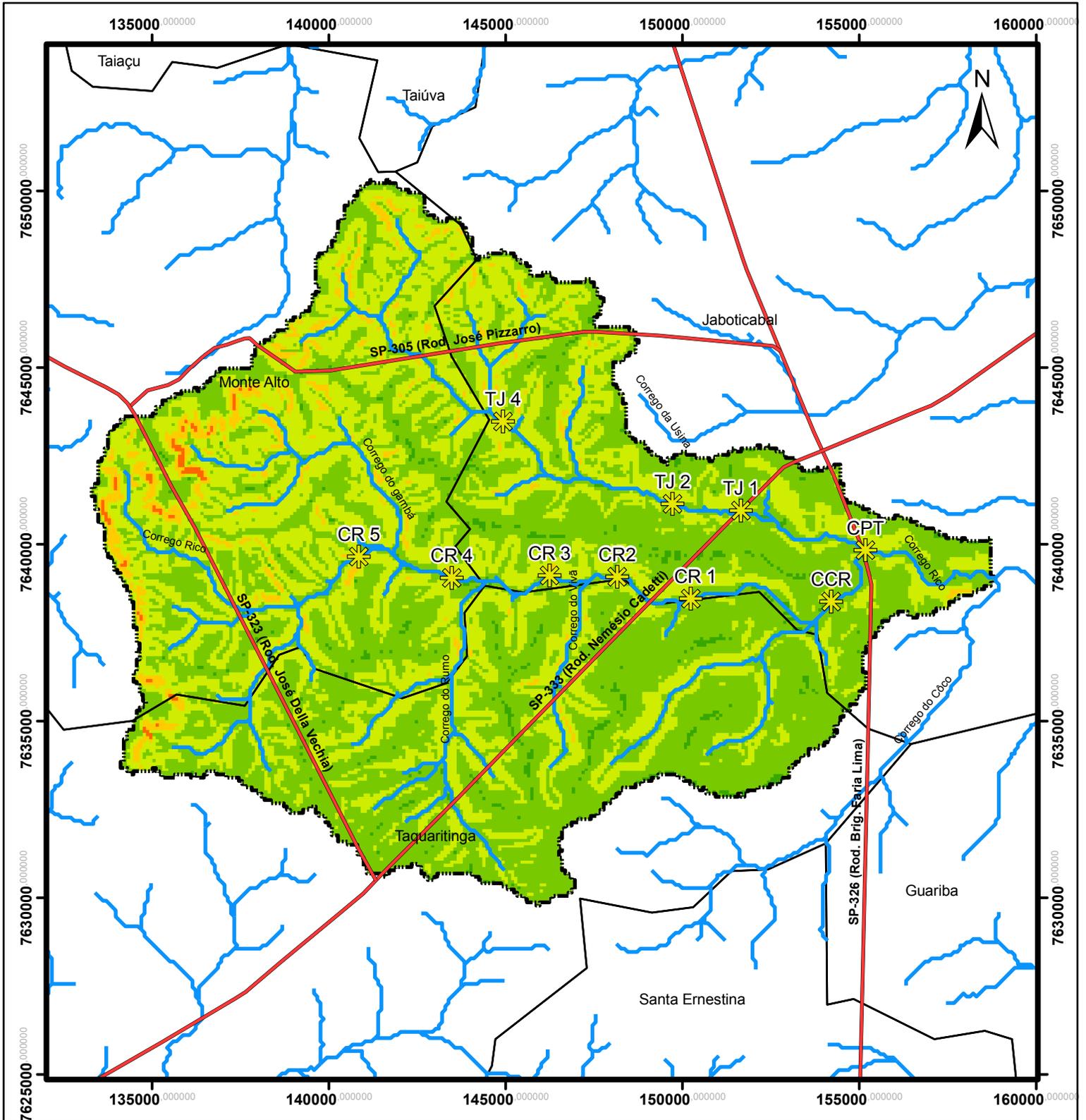
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem SRTM 90m  
 Banda\_Z\_27\_17  
 Fonte: CGIAR, 2009

Escala 1:150.000



## ANEXO 5

# Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico



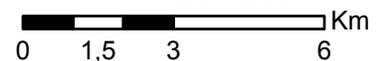
## Legenda

- |   |                      |   |
|---|----------------------|---|
|  | Pontos de Coleta     | (%)   |
|  | Rodovias             |  < 1     |
|  | Drenagem             |  1 - 6   |
|  | Bacia_corregorico    |  6 - 12  |
|  | Limite de Municipios |  12 - 20 |
|   |                      |  20 - 45 |
|   |                      |  > 45    |



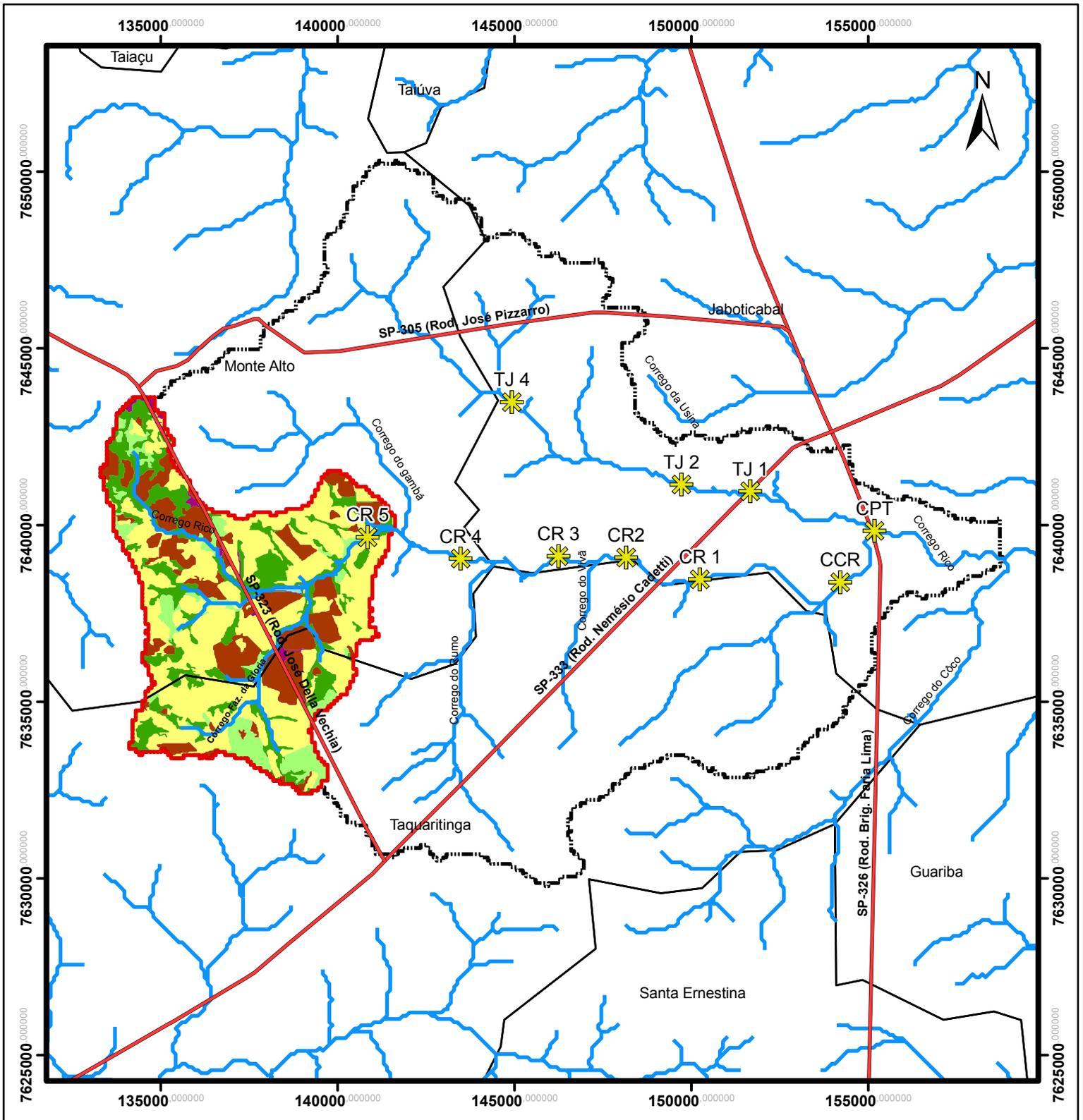
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem SRTM 90m  
 Banda Z\_27\_17  
 Fonte: CGIAR, 2009

Escala 1:150.000



## ANEXO 6

# Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Faz. da Gloria



## Legenda

-  Pontos de Coleta
-  Rodovias
-  Drenagem
-  Sub-bacia Cor. Faz. Gloria
-  Bacia\_corregorico
-  Limite de Municípios

## Classificação

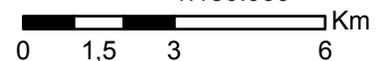
### SPRCLASSE

-  AGRICULTURA
-  PASTAGEM
-  SOLO EXPOSTO
-  USO URBANO
-  VEG. NATIVA
-  ÁGUA



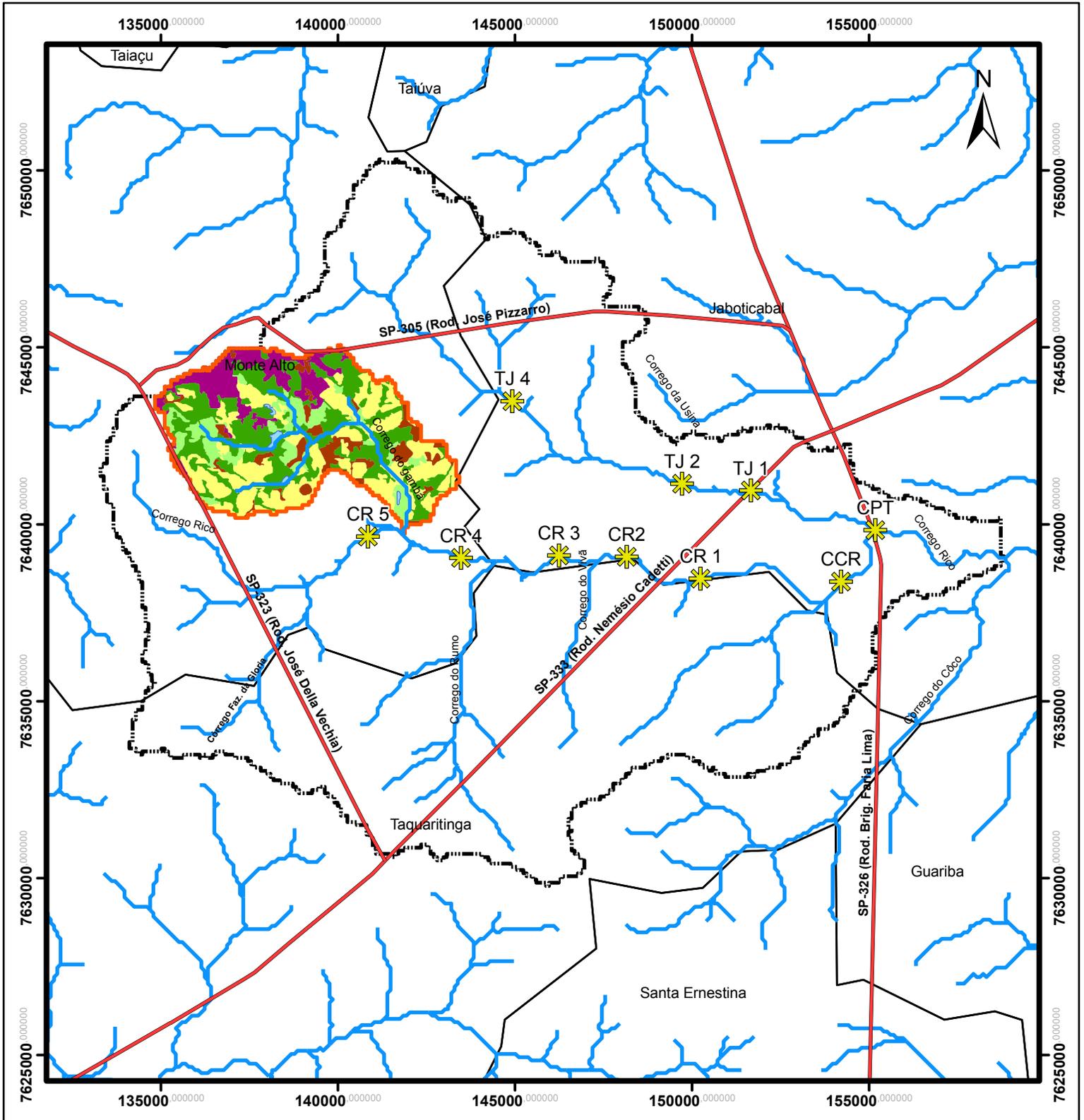
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem de Satélite Landsat TM5  
 Banda: 232/066  
 Data: 31/07/2009  
 Fonte: INPE, 2009

Escala 1:150.000

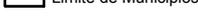
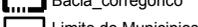
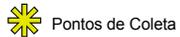


## ANEXO 7

# Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Gambá



## Legenda



## Classificação

- AGRICULTURA
- PASTAGEM
- SOLO EXPOSTO
- USO URBANO
- VEG.\_NATIVA
- ÁGUA



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 South American Datum 1969 (SAD69)  
 Fuso 23S  
 Imagem de Satélite Landsat TM5  
 Banda: 232/066  
 Data: 31/07/2009  
 Fonte: INPE, 2009

Escala 1:150.000

