

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES
DE USO E MANEJO DO SOLO NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FAZENDA DA GLÓRIA,
TAQUARITINGA, S.P.**

Flavia Mazzer Rodrigues

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES
DE USO E MANEJO DO SOLO NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FAZENDA DA GLÓRIA,
TAQUARITINGA, S.P.**

Flavia Mazzer Rodrigues

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Produção Vegetal.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2008

R696c Rodrigues, Flavia Mazzer
Caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo
do solo na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda da Glória,
Taquaritinga, S.P. / Flavia Mazzer Rodrigues. – – Jaboticabal, 2008
xi, 111 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Banca examinadora: Sérgio Campos, João Antonio Galbiatti
Bibliografia

1. Recurso hídrico. 2. Ambiente. 3. Uso e ocupação do solo.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 556.51

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FLAVIA MAZZER RODRIGUES - filha de Edilamar Mazzer Rodrigues e Carlos Alberto Rodrigues, nasceu em Ribeirão Preto, SP, no dia 26 de janeiro de 1982. Concluiu o estudo de segundo grau no Colégio Objetivo – Ribeirão Preto, SP. É engenheira agrônoma formada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal, UNESP, em janeiro de 2006. Em março de 2006 iniciou as atividades de pós – graduação (Programa - Produção Vegetal) tendo como orientadora a Prof^a. Dr^a. Teresa Cristina Tarlé Pissarra na mesma instituição.

**“Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim como em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.”
(Ricardo Reis)**

Aos meus pais,

Edilamar e Carlos

DEDICO

Aos meus irmãos,

Cláudia e Carlos Gustavo

OFEREÇO

**“Eu não tenho filosofia: tenho sentidos...
Se falo na Natureza não é porque saiba o que ela é.**

**Mas porque a amo, e amo-a por isso,
Porque quem ama nunca sabe o que ama
Nem por que ama, nem o que é amar...”**

(Alberto Caeiro)

AGRADECIMENTOS

Á Deus por todas as boas oportunidades que surgiram em minha vida.

Aos meus pais, Carlos e Edilamar, e aos meus irmãos, Claudia e Carlos Gustavo, que sempre deram o apoio necessário e souberam entender as ausências freqüentes. Esta é a minha família que permanece presente todos os dias de minha vida. Quero deixar meu agradecimento mais que especial à minha mãe que hoje mora no céu, mas que eu tenho certeza que esta olhando por mim e nesse momento esta feliz pela minha conquista. Todo o meu estudo, esforço e pesquisa eu desejo a essa mulher guerreira e que me deixou apenas bons ensinamentos da vida. Mostrou que apesar dos obstáculos é possível alcançar um objetivo e que vale a pena tentar mais uma vez. Mãe, você é a luz de todos os meus dias. Teus braços sempre se abriram quando precisei de um abraço. Teu coração soube compreender quando precisei de uma amiga. Teus olhos sensíveis se endureceram quando precisei de uma lição. Tua força e teu amor me dirigiram pela vida e me deram as asas que precisava para voar. Ao meu pai que com pequenas palavras e gestos soube me mostrar que a vida é feita de derrotas e conquistas e que no final do objetivo alcançado, podemos ver que tudo apenas passou de uma fase de nossas vidas. Á minha irmã que sempre esteve ao meu lado incentivando, não me deixando desistir nos momentos difíceis e sempre foi a minha verdadeira amiga. Ao meu irmão que também esteve ao meu lado em todos os momentos e sempre me dando o apoio necessário para esta caminhada.

À minha orientadora Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, que acima de tudo é uma grande amiga, orientando-me em todas as dificuldades encontradas durante esses anos, além de me proporcionar um amadurecimento com seus inúmeros conselhos e sugestões na realização deste e de outros trabalhos. Já compartilhamos sorrisos e lágrimas. Mas, sobretudo, risadas e cumplicidades.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/Unesp), pela colaboração sempre que necessário e aos funcionários, em especial Izilda Maria de Carvalho Máximo e Ronaldo José de Barros, pela dedicação companheirismo e principalmente

amizade ao longo destes anos. Nenhum caminho é longo demais quando um amigo nos acompanha.

À Banca Examinadora, pelos professores João Antonio Galbiatti e Sérgio Campos pela ajuda fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos novos amigos que conquistei nesta faculdade, pela recepção e colaboração em vários momentos.

Aos meus queridos amigos que sempre estiveram ao meu lado nas horas difíceis e me deram forças para avançar cada passo neste trabalho e na minha vida.

Enfim, a todos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho e também aos que trabalham no desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida através da pesquisa, sem levar em conta as dificuldades encontradas ao longo do caminho. A sabedoria não é outra coisa senão a ciência da felicidade.

O MEU MUITO OBRIGADA!

Saudade não tem forma nem cor; não tem cheiro nem sabor.

Fala-se nela, mas não se vê; só pensa nela quem acredita. Ela é parte da ausência; ela é parte do amor; ela tem realidade, mas quem a tem sente dor, uma dor miudinha que cresce no coração e que nunca vem sozinha... Acompanha a solidão; quem a sente nunca esquece nem nunca esquecerá, o sentimento que não adormece por alguém que não está! Mãe, obrigada por tudo!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xi
I. INTRODUÇÃO	01
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
1. Microbacia Hidrográfica	03
2. Recurso Hídrico	<u>05</u>
3. Nascentes	09
3.1 Hidrogeologia da Nascente	10
3.2 Cobertura Vegetal em torno das Nascentes	12
4. Qualidade da Água	13
5. Características Físicas e Químicas da Água	15
6. Solo	31
6.1 Características Físicas e Químicas do Solo	32
7. Sedimento	35
8. Uso e Ocupação do Solo	<u>35</u>
9. Impacto Ambiental	<u>37</u>
III. MATERIAL E MÉTODOS	40
1. Localização e Caracterização da Área de Estudo	40
2. Área Experimental	<u>42</u>
3. Etapa de Levantamento de Dados e Mapeamento	<u>48</u>
4. Etapa de Georreferenciamento	51
5. Coleta e Análise do Recurso Hídrico	52
6. Coleta e Análise do Solo e Sedimento	54
7. Dados Meteorológicos	56
8. Análise de Dados	57

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
1. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo	58
2. Caracterização da Água das Microbacias Hidrográficas	63
3. Caracterização do Solo das Microbacias Hidrográficas	88
4. Caracterização do Sedimento das Microbacias Hidrográficas	95
V. CONCLUSÃO	99
VI. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico no planeta Terra.....	06
Figura 2. Movimento de água no solo da bacia hidrográfica.....	07
Figura 3. Localização da área de estudo no Estado de São Paulo.....	40
Figura 4. Vista Geral da Área da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.....	41
Figura 5. Área experimental para a avaliação do impacto ambiental, Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Município de Taquaritinga, S.P.....	43
Figura 6. Vista aérea da rede de drenagem da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., com os pontos M1, M4 e Foz 1.....	44
Figura 7. Vista aérea da rede de drenagem da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., com os pontos M2, M3 e Foz 1.....	45
Figura 8. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M1) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.....	45
Figura 9. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M2) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.	46
Figura 10. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M3) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.	46
Figura 11. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M4) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.	47
Figura 12. Ponto de coleta na foz (F1) das microbacias hidrográficas M1 e M4 da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de	

Taquaritinga, S.P.	47
Figura 13. Coleta de solo na vertente da microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude, Taquaritinga, S.P.	55
Figura 14. Áreas das microbacias hidrográficas (M1, M2, M3 e M4) e da foz (F1) com os pontos de coleta de solo georreferenciados.	55
Figura 15. Coleta de sedimento no leito do córrego das bacias hidrográficas, Taquaritinga, S.P.	56
Figura 16. Uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./ 1983.....	59
Figura 17. Uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./ 2000.....	60
Figura 18. Uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./ 2005.	61
Figura 19. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar na região de Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Set/06-Ago/07)..	63
Figura 20. Variação da temperatura da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, SP., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	65
Figura 21. Variação da turbidez da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	66
Figura 22. Variação do odor da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	67
Figura 23. Variação da cor aparente da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	68
Figura 24. Variação do pH da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	69

Figura 25. Variação do oxigênio dissolvido da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	71
Figura 26. Variação da condutividade elétrica da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).	72
Figura 27. Variação dos sólidos totais dissolvidos da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	73
Figura 28. Variação do fósforo da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	74
Figura 29. Variação da dureza total da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	76
Figura 30. Variação do nitrogênio total da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	77
Figura 31. Variação do nitrito da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	78
Figura 32. Variação do nitrato da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	79
Figura 33. Variação da amônia da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	80
Figura 34. Variação de cloreto da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	81

Figura 35. Variação de Zn da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	82
Figura 36. Variação de Mn da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	83
Figura 37. Variação de Cu da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	83
Figura 38. Variação de Ca da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	84
Figura 39. Variação de Mg da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	85
Figura 40. Variação de Fe da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	86
Figura 41. Variação de K da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	87
Figura 42. Variação de DQO da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07)	87
Figura 43. Média dos valores do pH do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07)	90
Figura 44. Média dos valores da matéria orgânica do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	90
Figura 45. Média dos valores do fósforo do solo nos das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07)	91

Figura 46. Média dos valores de K,Ca, Mg e H+Al do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07)	91
Figura 47. Média dos valores de B e Cu do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07)	93
Figura 48. Média dos valores de Fe e Mn do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07)	94
Figura 49. Média dos valores de Zn do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	94
Figura 50. Média dos valores de pH no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	96
Figura 51. Média dos valores de matéria orgânica no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	96
Figura 52. Média dos valores de Ca, Mg, H+ Al no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	97
Figura 53. Média dos valores de B e Cu no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	98
Figura 54. Média dos valores de Zn no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração máxima permitida de algumas variáveis de qualidade de água.....	15
Tabela 2. Coordenadas geográficas (UTM) dos pontos de coleta de água e sedimento.....	51
Tabela 3. Coordenadas geográficas (UTM) dos pontos de coleta de solo.....	52
Tabela 4. Distribuição dos principais uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./1983.....	59
Tabela 5. Distribuição dos principais uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./2000.....	60
Tabela 6. Distribuição dos principais uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./2005.....	61
Tabela 7. Caracterização das variáveis físicas do recurso hídrico no período de estudo.....	64
Tabela 8. Caracterização das variáveis químicas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), fósforo, dureza, nitrogênio total, nitrito e nitrato) do recurso hídrico (Período: Set/06-Ago/07).....	68
Tabela 9. Caracterização das variáveis químicas (amônia, cloreto, Zn, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe, K, e DQO) do recurso hídrico no período de estudo (Período: Set/06-Ago/07).....	69
Tabela 10. Características químicas do solo nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07).....	89
Tabela 11. Características químicas do solo nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, S.P. (Período: Set/06-Ago/07).....	92

Tabela 12. Características químicas do sedimento nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07).....	95
---	----

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE USO E
MANEJO DO SOLO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA
FAZENDA DA GLÓRIA, TAQUARITINGA, S.P.**

RESUMO - Desde que as microbacias hidrográficas podem ser hierarquizadas como primeira ou segunda ordem e são as principais unidades territoriais de trabalho para o planejamento de uso e gerenciamento dos recursos naturais, este trabalho teve como principal objetivo avaliar as características hidrológicas, do solo, e do sedimento em 4 microbacias hidrográficas. A área está situada no Município de Taquaritinga, Estado de São Paulo, Brasil. Os parâmetros físicos e químicos do solo, do sedimento e da água da rede da drenagem foram avaliados e comparados às condições de diferentes uso e manejo do solo e proteção de vegetação nativa ao longo da rede de drenagem com impacto no curto ou médio prazo, positivo ou negativo, e quanto à recuperação ou deterioração do solo e da qualidade da água, entre outras variáveis importantes para a sustentabilidade dos sistemas de produção. Cinco pontos amostrais foram avaliados ao longo da rede da drenagem. As coletas da água ocorreram em intervalos mensais entre agosto de 2006 a agosto de 2007. Comparativamente, as microbacias sem proteção nativa de vegetação ao longo da rede da drenagem apresentaram maior variabilidade nos valores dos parâmetros avaliados. A caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo do solo indicou que as atividades agrícolas no sistema produtivo afetaram a qualidade dos recursos hídricos. O manejo e uso do solo foram analisados para tornar possível e facilitar o planejamento no intuito de organizar o processo produtivo com conservação da água e do solo.

Palavras-Chave: recurso hídrico, ambiente, uso e ocupação do solo

**HIDROLOGICAL APPROACH AS FUNCTION OF THE LAND USE AND SOIL
MANAGEMENT AT CÓRREGO DA FAZENDA DA GLÓRIA WATERSHED,
TAQUARITINGA, S.P.**

SUMMARY – Since that microwatersheds can be hieraquized as first or second order and is the mainly area to plan the use and management of natural resources, this work has as objective to evaluated the hydrological characteristics, analising mainly the water, soil, sediment. The watershed is located at Taquaritinga Municipality, São Paulo State, Brazil. The physical and chemical parameters of the soil, sediment and water of the drainage net were evaluated and compared on those conditions of waters resources in four hydrographic basins with different land use and native vegetation protection along de nascent to measure an impact at the short or medium term, whether positive or negative, on the recovery or deterioration of the soil and quality of the water among other important variables for the sustainability of the production systems. Five points of sampling throughout the drainage net of 1st order had been established. The water collections had occurred in monthly intervals between August, 2006 to August, 2007. The variables of water, soil and sediment had been evaluated. Comparatively, the microwatershed without native vegetation protection along the drainage net showed major variability of the evaluated parameters. The characterization of the hydrological conditions indicated that the agricultural activities in the productive system had affected the quality of the water resources. The management of the land use has been analyzed, making possible and facilitating the establishment a better planning for organizing the productive process with conservation and management of water.

Keywords: water resource, environment, land use

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais são temas amplamente discutidos e difundidos nos mais diversos níveis da sociedade. E a cada dia percebe-se mais e mais, sua indissociável relação com a qualidade de vida.

A princípio, deve-se considerar que os recursos naturais são bens econômicos finitos e vulneráveis à ação do homem; por isso, requerem efetiva gestão do poder público, por ações integradas com a comunidade, visando proteger os ecossistemas naturais e, ao mesmo tempo, propiciar o desenvolvimento.

A degradação do ambiente causa as deteriorações físicas, sociais, econômicas e ambientais, principalmente em unidades como bacias hidrográficas, onde áreas naturais apresentam impactos ambientais negativos.

Dentro dessa consideração e complementando a idéia de recursos naturais, certamente a água é um dos que desperta maior atenção, pois acima de tudo, é um elemento essencial a toda forma de vida e, portanto a sua disponibilidade em quantidade e qualidade é fator limitante a nossa existência. Além disso, trata-se de um recurso fundamental no desenvolvimento das atividades econômicas, que movimentam as sociedades modernas. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, onde se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática.

A água vem sendo ameaçada pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízo para a própria humanidade. Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade é afetada cada vez mais rápida.

A degradação da maioria dos mananciais, o grau de comprometimento de sua qualidade e a diminuição de sua disponibilidade, originada pela má gestão das bacias hidrográficas é agravada pela falta de informações que promovam um diagnóstico da real condição desses mananciais.

O descaso com o meio ambiente tem gerado como conseqüências a poluição e a diminuição da quantidade de água. As ocupações desordenadas do espaço, visando o máximo de lucro dos sistemas de produção com o mínimo de custos, denotam a ausência de comprometimento com a questão ambiental.

A observação, a interpretação e a representação da superfície terrestre são partes importantes na evolução da sociedade. A distribuição dos solos na paisagem caracteriza diferentes compartimentos com diversos usos e ocupação. As alterações decorrentes de fenômenos naturais são intituladas de efeitos ambientais e o termo impacto reserva-se às atividades antrópicas.

A avaliação das condições naturais significa a interpretação qualitativa e quantitativa das mudanças de ordem ecológica, social, cultural ou estética no meio. A partir da organização dos componentes do meio será possível conhecer, descrever, avaliar, explicar e prever situações na microbacia estabelecida no levantamento de dados deste estudo.

O objetivo deste estudo foi a caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo do solo. Para tanto, foram avaliados as variáveis físicas e químicas do solo na vertente e no sedimento e da água da rede de drenagem da Microbacia do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Microbacia Hidrográfica

O uso dos termos bacia ou microbacia hidrográfica segue muitas vezes certa escala espacial, entretanto não há um consenso entre a comunidade científica quanto as suas definições.

O conceito de microbacia aparece em 1807, com o sentido de unidade da paisagem mais básica para estudar processos hidrológicos tendo em vista sua homogeneidade com respeito às características mínimas e necessárias para inferir métodos e maximizar o uso de diretas, e geralmente mais acuradas, medidas hidrológicas. As diferentes definições de bacia e microbacia hidrográfica têm sua origem na interpretação ou na compreensão científica da interação entre suas funções na paisagem e a sua conformação geomorfológica, considerando-se fundamentalmente cada um dos seus componentes em equilíbrio dinâmico.

Segundo VILLELA & MATTOS (1975), a bacia hidrográfica é contornada por um divisor, ou seja, linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial. Os terrenos de uma bacia são, assim, delimitados por dois tipos de divisores de água: os divisores topográficos, que é condicionado pela topografia, fixam a área da qual provém o deflúvio superficial da bacia, e o divisor de águas freático determinado pela estrutura geológica dos terrenos e influenciado pela topografia, que estabelece os limites dos reservatórios de água subterrânea de onde deriva o escoamento base da bacia.

A bacia hidrográfica se constitui num vale formado por um rio principal e seus tributários, RUHE (1975). O limite topográfico de cada bacia hidrográfica é o seu divisor topográfico, que a circunda.

Para ODUM (1988), a bacia hidrográfica pode ser vista como um sistema aberto, cujo funcionamento e estabilidade relativa refletem, em grande parte, nas

taxas de influxo e nos ciclos de energia, da água e de materiais, ao longo do tempo.

MELLO et al. (1994) explicam que tendo como referencial uma seção transversal de um rio, chama-se bacia hidrográfica ou bacia de contribuição, a área coletora de água proveniente da precipitação que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada.

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, recebendo energia do clima reinante sobre a bacia, e perdendo continuamente energia através de deflúvio podendo, assim, ser descrita em termos de variáveis interdependentes, as quais oscilam ao longo de um padrão, ou de uma média. Como tal, ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição de energia e a perda de energia no próprio sistema encontram-se sempre em delicado balanço, LIMA (1996).

Segundo LIMA & ZAKIA (1998), a microbacia hidrográfica aparece enquanto unidade geomorfologia natural que expressa a manifestação física permitindo quantificar, de forma integrada, o funcionamento da natureza.

Para ROCHA (2001), o conceito de microbacia hidrográfica é o mesmo de bacia hidrográfica, acrescido de que o deságüe se dá também em outro rio, porém, a dimensão superficial da microbacia é menor que 20.000 hectares. O autor considera esta unidade como sendo uma área delimitada por um divisor de águas que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago. As bacias hidrográficas não têm dimensões superficiais definidas.

A bacia hidrográfica é resultado da interação da água e de outros recursos naturais (material de origem x topografia x vegetação x clima), SILVA et al. (2002).

2. Recurso Hídrico

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É um recurso estratégico e um bem comum que deve ser compartilhado por todos.

Encontra-se, principalmente, no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas. É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para sua atualização pelos organismos. Eles devem conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos deletérios aos organismos que compõe as cadeias alimentares. Assim, disponibilidade de água significa que ela está presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também que sua qualidade deve ser satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos, VILELA & MATTOS (1975); BRAGA et al. (2002); TUNDISI (2003).

Há duas formas de caracterizar os recursos hídricos: com relação à sua quantidade e com relação à sua qualidade, estando essas características intimamente relacionadas. A qualidade da água depende diretamente da quantidade de água existente para dissolver, diluir e transportar as substâncias benéficas e maléficas para os seres que compõem as cadeias alimentares.

Além das variações naturais características das faces do ciclo hidrológico, importantes alterações têm ocorrido nas fases desse ciclo por causa de intervenções humanas, intencionais ou não. Por exemplo, a ocorrência de vapor atmosférico pode ser alterada pela presença de reservatórios, pela modificação da cobertura vegetal e, também, por alterações climáticas causadas por gases estufa. Evidentemente, tais modificações podem acarretar mudanças no regime de precipitações, afetando, portanto, a disponibilidade de água.

O ciclo hidrológico é estudado em seus diferentes e interligados processos: Precipitação; Evaporação; Condensação; Transpiração; Evapotranspiração; Infiltração; Percolação; Drenagem; Interceptação pela vegetação e Fluxo de água subterrânea (água que se encontra no subsolo da superfície terrestre), (Figura 1).

A precipitação é a água proveniente do vapor de água da atmosfera que é depositada na superfície terrestre na forma de granizo, orvalho, neblina, neve, geada e principalmente chuva. A principal fonte direta de água doce na superfície terrestre é o lençol freático, lagos, represas e rios. Quando determinada área é desenvolvida para uso humano, muitos sistemas que retêm a água do ciclo hidrológico são removidos, TUNDISI (2003). Assim, a drenagem dos rios, que representa a renovação dos recursos hídricos, é comprometida no ciclo hidrológico.



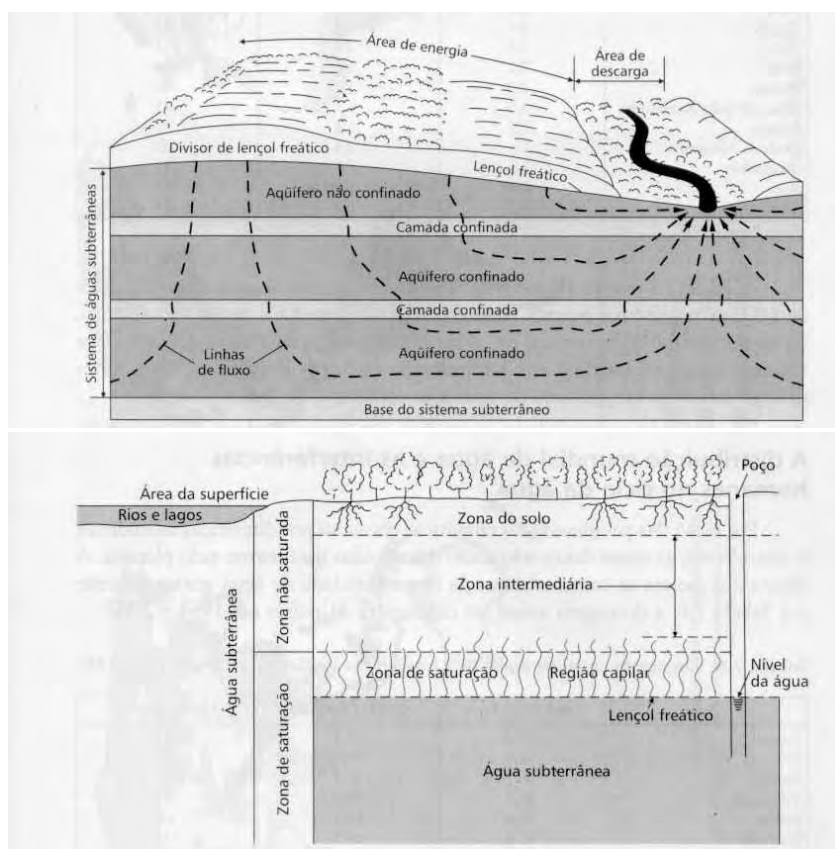
(Fonte: U.S. Department of Interior e U.S. Geological Survey).

Figura 1. Ciclo Hidrológico no planeta Terra.

A água que atinge a superfície da bacia hidrográfica pode, então, ser interceptada (ou detida), infiltrada no solo, escoada superficialmente e

subsuperficialmente, drenada, reservada em lagos, represas e daí evaporar ou evapotranspirar para a atmosfera, BRAGA et al. (2002); TUNDISI (2003).

O movimento de água no solo da bacia hidrográfica é um importante processo para o armazenamento do recurso hídrico no sistema e a compreensão do comportamento deste até o escoamento superficial na rede de drenagem, (Figura 2).



Fonte: TUNDISI (2003).

Figura 2. Movimento de água no solo da bacia hidrográfica.

A água tem seu movimento determinado principalmente pelas linhas de maior declive do terreno, e é influenciada por obstáculos existentes. À medida que atinge pontos mais baixos, passam a escoar em canalículos que formam microrredes de drenagem. Em decorrência do processo erosivo, estes canalículos

vão aumentando a dimensão e o escoamento ocorre por caminhos preferenciais, formando-se correntes, principalmente pela intensidade da precipitação e a partir delas, formam-se sulcos no terreno e os cursos d' água são alimentados com o regime de escoamento dependendo da água superficial e da contribuição do lençol subterrâneo.

O processo erosivo é normalmente desencadeado nas encostas e a rede de drenagem é formada. Assim, define-se o conjunto dos cursos d'água, desde os pequenos córregos até o rio principal. A bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de um curso d'água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada, TUNDISI (2003).

Segundo CALHEIROS (2004), a nascente é um afloramento do lençol freático, que dá origem a uma fonte de água de acúmulo ou curso d'água (regato, córrego, ribeirão e rio). O ideal é que neste local a água brote na cota topográfica elevada possibilitando a distribuição de água por gravidade com qualidade, abundante e contínua ao longo dos anos para atuar nas mais variáveis dimensões: ambiental, social, econômica, política e cultural.

O escoamento superficial sofre influência de diversos fatores, que facilitam ou prejudicam a sua ocorrência. Dentre os fatores climáticos destacam-se a intensidade e duração da precipitação. Quanto maior a intensidade da chuva, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração, provocando um escoamento superficial devido ao excesso da chuva, VILLELA & MATTOS (1975).

Neste sentido, a influência da área da bacia hidrográfica é muito forte, visto que, a sua extensão está relacionada à maior ou menor quantidade de água que ela pode captar. A área é um elemento básico para o estudo das demais características fisiográficas e esta variável têm sido muito utilizadas para determinar metodologias que estudam e avaliam os recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Portanto, como a água escoar se não houver mecanismos de retenção de água na superfície (naturais e artificiais-lagos, represas, florestas), perdem-se

quantidades enormes e diminuem-se as reservas, com aquíferos, cujas reservas são recarregadas pela cobertura vegetal natural, TUNDISI (2003).

O volume de material em suspensão transportado depende dos usos das bacias hidrográficas, do grau de desmatamento ou da cobertura vegetal, TUNDISI (2003). O suprimento de água tem sido reduzido com o aumento da população e dos usos múltiplos e com a perda de retenção de água (remoção de áreas alagadas, desmatamento, perda de volume por sedimentação de lagos e represas), BRAGA et al. (2002); TUNDISI (2003).

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água resultaram em uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes, que exigem, evidentemente, diferentes avaliações quali e quantitativamente e monitoramento adequado e de longo prazo, TUNDISI (2003); BRAGA et al. (2002).

3. Nascentes

Entende-se por nascente o afloramento do lençol freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios). Em virtude de seu valor inestimável dentro de uma propriedade agrícola, deve ser tratado com cuidado todo especial, CALHEIROS (2004).

A nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua, localizada próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia, CALHEIROS (2004).

É bom ressaltar que, além da quantidade de água produzida pela nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo, ou seja, a variação da vazão situe-se dentro de um mínimo adequado ao longo do ano. Esse fato implica que a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve absorver boa parte dessa água através do solo, armazená-

la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d'água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca. Isso é fundamental tanto para o uso econômico e social da água - bebedouros, irrigação e abastecimento público, como para a manutenção do regime hídrico do corpo d'água principal, garantindo a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela. Assim, o manejo de bacias hidrográficas deve contemplar a preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, além de seus interferentes em uma unidade geomorfológica da paisagem como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos de uma região, CALHEIROS (2004).

As nascentes, cursos d'água e represas, embora distintos entre si por várias particularidades quanto às estratégias de preservação, apresentam como pontos básicos comuns o controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, minimização de contaminação química e biológica e ações mitigadoras de perdas de água por evaporação e consumo pelas plantas, CALHEIROS (2004). Enfim, deve-se estar ciente de que é necessária a adequada conservação de uma nascente e este estudo envolve diferentes áreas do conhecimento.

3.1 Hidrogeologia da Nascente

Hidrogeologicamente, em sua expressão mais comum, lençol freático, é uma camada saturada de água no subsolo, cujo limite inferior é outra camada impermeável, geralmente um substrato rochoso. Em sua dinâmica, usualmente é de formação local, delimitado pelos contornos da bacia hidrográfica, origina-se das águas de chuva que se infiltram através das camadas permeáveis do terreno até encontrar uma camada impermeável ou de permeabilidade muito menor que a superior. Nesse local fica em equilíbrio com a gravidade, satura os horizontes de solos porosos logo acima, deslocando-se de acordo com a configuração geomorfológica do terreno e a permeabilidade do substrato, CALHEIROS (2004).

As nascentes localizam-se em encostas ou depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local; pode ser perene (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas), CALHEIROS (2004).

Pode-se, ainda, dividir as nascentes em dois tipos quanto à sua formação. Segundo LINSLEY & FRANZINI (1978), quando a descarga de um aquífero concentra-se em uma pequena área localizada, tem-se a nascente ou olho d'água.

Esse pode ser o tipo de nascente sem acúmulo d'água inicial, comum quando o afloramento ocorre em um terreno declivoso, surgindo em um único ponto em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, São exemplos desse tipo as nascentes de encosta e de contato, CALHEIROS (2004).

Por outro lado, se quando a superfície freática ou um aquífero artesiano interceptar a superfície do terreno e o escoamento for espraído numa área o afloramento tenderá a ser difuso formando um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno, originando as veredas. Se a vazão for pequena poderá apenas molhar o terreno, caso contrário, pode originar o tipo com acúmulo inicial, comum quando a camada impermeável fica paralela a parte mais baixa do terreno e, estando próxima a superfície, acaba por formar um lago. E, o ciclo hidrológico assume participação significativa no que diz respeito ao transporte de poluentes, quer em áreas específicas, quer em grandes regiões e até mesmo em caráter que envolve a Terra em um sistema. Essa movimentação da água e as propriedades físico-químicas da mesma ocupam parte importante em qualquer estudo que envolva poluição do solo, da água e do ar, CALHEIROS (2004); CASTRO & LOPES (2000).

3.2 Cobertura Vegetal em torno das Nascentes

Na recuperação da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanentes (APP) já degradadas, devem-se distinguir as orientações quanto ao tipo de afloramento de água, ou seja, sem ou com acúmulo de água inicial, pois o encharcamento do solo ou a submersão temporária nas chuvas, do sistema radicular dos indivíduos plantados, a profundidade do perfil e a fertilidade do solo são alguns dos fatores que devem ser considerados, pois são seletivos para as espécies que vão conseguir se desenvolver, RODRIGUES & SHEPHERD (2000).

Por outro lado deve-se também distinguir as nascentes quanto ao regime de vazão, ou seja, se é permanente ou temporária, se varia ao longo do ano e, até mesmo a interferência da vegetação no consumo de água da própria nascente, consumo esse, grandemente influenciado pela profundidade do lençol freático no raio compreendido pela Área de Preservação Permanente, CALHEIROS (2004).

Segundo RODRIGUES & SHEPHERD (2000), diversos trabalhos apontam que o mosaico vegetacional é resultado de alteração diferenciada da umidade ou do encharcamento do solo na seletividade das espécies na faixa ciliar e que tais encharcamentos ocorrem tanto em função do extravasamento do leito do rio, como do afloramento permanente ou temporário do lençol freático, caso das nascentes.

Dentre os tipos de coberturas vegetais, a cobertura florestal é a que maior efeito exerce sobre as nascentes. Não existe a composição ideal e sim aquela mais adequada para cada situação específica. Assim, é importante conhecer o indivíduo florestal para melhor entender sua contribuição hidrológica e dele fazer-se melhor uso. O planejamento e a orientação de um técnico especializado são fundamentais, CALHEIROS (2004).

4. Qualidade da Água

A água é essencial à manutenção da vida. Em vista da complexidade de fatores que determinam a qualidade da água e a grande alternativa de variáveis usadas para descrever o status dos corpos hídricos em termos quantitativos, é difícil fornecer uma definição simples de qualidade da água.

Para BRANCO (1991), a expressão 'qualidade da água' não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto o possível do 'natural', isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável, o qual depende do seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca entre outros.

A qualidade da água, segundo MEYBECK & HELMER (1992), é definida por uma série de concentrações, especificações e partículas físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e a composição e estado da biota aquática encontrada em corpo hídrico, sendo que a qualidade do ambiente aquático mostra as variações temporais e espaciais em função dos fatores internos e externos do mesmo. A qualidade da água superficial depende do clima e do solo da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem.

A qualidade da água superficial e subsuperficial são bons indicadores, respectivamente, de tendência e de condição (estado atual) de uma microbacia. Esses autores abordam um fator fundamental na avaliação da qualidade da água que é de grande variação da vazão temporalmente e espacialmente. As concentrações de sais, sedimentos, nutrientes e outros produtos químicos e biológicos, são dependentes das condições de vazão, sendo isto de crucial importância tendo em vista que essas variáveis são largamente utilizadas para a avaliação da qualidade da água.

Para LIMA & ZAKIA (1998), a qualidade da água refere-se a uma série de parâmetros físicos, químicos, biológicos e radiológicos que exerce influência direta na integridade da bacia hidrográfica, que por sua vez, está ligada a fatores de ordem natural e antrópica que deve ser observada conjuntamente. A integridade

da microbacia envolve não só as práticas de conservação do solo como, também, a preservação de matas ciliares, a preservação de compactação do solo, manutenção da biodiversidade e construção adequada de estradas.

Nesse contexto, um aspecto fundamental para o correto planejamento de um programa de monitoramento diz respeito à busca pela identificação dos impactos sobre a qualidade da água, decorrentes das atividades realizadas na microbacia. Essa compreensão é relevante para a seleção das variáveis indicadoras a ser monitorado, assim como de sua periodicidade e sazonalidade, LIMA (1997).

Para a utilização do termo 'qualidade de água' é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para a água, MERTEN & MINELLA (2002).

Entretanto esses autores afirmam que, pelo monitoramento das condições hidrológicas, dentro de uma estrutura de amostragem espacial e temporal apropriada para uma determinada microbacia, poderá ser observada tendência na mudança da qualidade da água, auxiliando na identificação das causas.

Os sedimentos transportados pelo escoamento superficial (erosão) têm como destino direto os cursos d' água, interferindo na qualidade da água produzida na microbacia, ou seja, no deflúvio. Portanto, a busca de variáveis da qualidade da água tem sido motivo de vários estudos nessa área de pesquisa.

Como forma de ilustração pode-se observar na Tabela 1 algumas variáveis mundiais de qualidade da água.

Tabela 1. Concentração máxima permitida de algumas variáveis de qualidade de água.

Uso Parâmetros	Água de consumo Humano					
	OMS ^a	UE ^a	Canadá ^a	USA ^a	Rússia ^{a2}	Brasil ^b
Cor (TCU)	15	20 mg l ⁻¹ PtCo	15	15	20	75
Sólidos Totais Dissolvidos (mg l ⁻¹)	1.000		500	500	1.000	*
Turbidez (NTU)	5,0	4,0	5,0	0,5-1,0		100
PH	<8.0 ⁴	6.5 ¹ -8.5 ¹	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
Oxigênio Dissolvido (mg l ⁻¹)					4.0	>5.0
Nitrogênio Amoniacal (mg l ⁻¹)					2.0	0.02
Íon amônio (mg l ⁻¹)		0.5			2.0	
Nitrato-N (mg l ⁻¹)			10.0	10.0		
Nitrato (mg l ⁻¹)	50	50			45	10.0
Nitrito-N (mg l ⁻¹)			1.0	1.0		
Nitrito (mg l ⁻¹)	3(P)	0.1			3.0	1.0
Fósforo (mg l ⁻¹)		5.0				0.025
Sódio (mg l ⁻¹)	200	150				
Cloro (mg l ⁻¹)	250	25 ¹	250	250	350	250
Cobre (mg l ⁻¹)	2(P)	0,1 ¹ - 3,0 ¹	1,0	1,0	2,0	0.02
Ferro (mg l ⁻¹)	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0.3(S)
Manganês (mg l ⁻¹)	0,5(P)	0,05	0,05	0,05	0,5	
Zinco (mg l ⁻¹)	3,0	0,1 ¹ -5,0 ¹	5,0	5,0	5,0	0.18

OMS - Organização Mundial da Saúde; TCU – Unidade verdadeira de cor; (P) – Valor provisório; (S) – Solúvel; ¹ Valor padrão ⁴ agente espumante

5. Características Físicas e Químicas da Água

As características físicas e químicas da água são estudadas por diferentes pesquisadores. A seguir descrevem-se os conceitos encontrados na literatura seguindo os trabalhos de ESTEVES (1988); MEYBECK et al. (1992); VON SPERLING (1996); APHA (1998); PATEMIANI & PINTO (2001); CONTE & LEOPOLDO (2001); BRAGA et al. (2002); LEONARDO (2003); MOSCA (2003); TUNDISI (2003); AMARAL (2003); VANZELA (2004); CETESB (2005); PELEGRINNI (2005); ROCHA (2006); BRITO et al. (2006); FRAVET (2006); MOLINA (2006); LOPES et al. (2007); KRUMMER et al (2007); MOURA (2007); FRANCO et al. (2007), ALMEIDA et al. (2007).

As características físicas e químicas de todo corpo de água são determinadas, em grande parte, pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem. O intemperismo de rochas é, geralmente, determinante das características químicas das águas, e essas variam com a geologia e com a intensidade das entradas por outras vias, incluindo a precipitação pluviométrica e a poluição.

A qualidade da água em um determinado ponto de amostragem de um rio depende de muitos fatores, incluindo a proporção do escoamento superficial e água subterrânea, reações dentro do sistema rio governadas por processos internos, a mistura de águas de tributários de diferentes qualidades e da entrada de poluentes.

A água é uma substância bastante difundida na natureza, onde é encontrada principalmente na forma líquida. Isto constitui um fato excepcional, se considerar que as únicas substâncias minerais líquidas que se encontram naturalmente na superfície da terra são, além da água, o mercúrio elementar, de ocorrência muito rara, e o CO₂ líquido, presente, algumas vezes, no interior de cristais de quartzo, isto é, naturalmente, mantido a pressão muito elevada. O próprio fato dessa substância se apresentar no estado líquido, às condições normais de temperatura e pressão, constitui uma singularidade, BRAGA et al. (2002).

A **temperatura** segundo PATEMIANI & PINTO (2001), é a medida da quantidade de calor de um sistema. Através da absorção e espalhamento da luz solar na água, a energia dessa radiação diminui, transformando-se em calor. Este processo é influenciado pela estrutura molecular da água, pela presença de partículas em suspensão e, especialmente, por compostos orgânicos dissolvidos. Essas propriedades óticas são dinâmicas, mudando sazonalmente e de forma distinta para os ecossistemas das águas interiores. A temperatura atua em muitos equilíbrios físicos e químicos, sendo um importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos como pela relação existente entre a mesma e o teor de gases dissolvidos. Assim, as variações

de temperatura influenciam as concentrações de O_2 e CO_2 da água, o teor de carbonato e os valores de pH, BRANCO (1986).

De acordo com a CETESB (2005), a temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físicas e químicas. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termelétricas, CETESB (2005). As variações que se verificam no ar e na água constituem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicados aos recursos hídricos.

De acordo com ARCOVA & CICCIO (1999), as microbacias florestadas apresentaram níveis de temperatura da água inferiores aos das microbacias onde o uso agrícola predomina. As diferenças de temperatura da água verificadas entre as microbacias com uso florestal e aquelas com agricultura devem-se, principalmente, à presença ou não da mata ciliar associada aos rios. As microbacias com agricultura tiveram valores de cor aparente e turbidez da água superiores aos registrados nas microbacias florestadas. A manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água.

A **turbidez** de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral etc. É a alteração da penetração da luz provocada, por exemplo, pelo plâncton, bactérias, argilas e silte em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros. A limpidez da água é importante quando a água se destina a consumo humano, ou mesmo em certos processos industriais.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação, CETESB (2005).

A turbidez é um das variáveis de controle de qualidade da água mais usados em sistemas de tratamento de água devido a sua rápida e fácil determinação com resultados bastante confiáveis e precisos, PATEMIANI & PINTO (2001). De acordo com os referidos autores, na irrigação localizada pode ser uma variável comprometedora, uma vez que indica a concentração de partículas sólidas em suspensão que podem obstruir os gotejadores, além de diminuir a eficiência de processos de desinfecção. Entretanto, nestes casos, a turbidez da água é normalmente reduzida através da filtração.

Se a turbidez possuir origem natural não traz inconveniente sanitário direto, porém são esteticamente desagradáveis na água potável os sólidos em suspensão. Mas se a turbidez possuir origem antropogênica pode estar associado a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Além disso, em corpos d'água o excesso de turbidez pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.

O **odor** é considerado em conjunto e podem provocar sensações subjetivas, principalmente tratando-se das águas de consumo. É causado pela presença de substâncias nas águas, como matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais, gases dissolvidos etc. O odor de uma água depende dos sais e gases dissolvidos.

A **cor** da água é resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. A cor de uma água é conseqüência de substâncias dissolvidas. Por esse motivo, as águas superficiais estão mais sujeitas a ter cor do que as águas subterrâneas. Além disso, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, plâncton, macrófitas, despejos industriais e esgotos domésticos.

A cor da água pode ser classificada como verdadeira, (quando é devida à matéria orgânica), e aparente, (quando da presença de materiais em suspensão). Na maioria dos casos, observa-se nas águas naturais a cor aparente. Um bom exemplo é a cor marrom da que drenam material humificado, havendo inclusive uma correlação positiva entre este tipo de coloração e a concentração de carbono orgânico dissolvido. Colorações azul-esverdeadas, marrons e vermelhas podem ser observadas conforme a densidade populacional de algas e bactérias, podendo ser um indício do fenômeno de eutrofização, PATEMIANI & PINTO (2001).

A cor aparente pode ser reduzida através de processos físicos como filtração, esta coloração é dita aparente, porque o ser humano a vê, mas é, na verdade, em parte, resultado da reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão. A cor dita verdadeira ou real é causada por materiais dissolvidos e colóides e é mais difícil de ser removida além de requer tratamento mais complexo com coagulação química e osmose reversa. As substâncias que mais freqüentemente adicionam cor a águas naturais são os ácidos húmicos. A diferenciação entre a cor verdadeira e a cor aparente, que é adicionada pela turbidez, é dada pelo tamanho das partículas, isto é, pode-se generalizar que partículas com diâmetro superior a $1,2 \mu\text{m}$ causam turbidez, já na categoria de colóides e substâncias dissolvidas, causam cor.

A cor é um fator estético a ser considerado e deve-se determinar a origem da cor. Se for de origem natural não oferece maiores riscos à saúde, porém se for de origem industrial pode causar toxicidade.

Os **sólidos totais dissolvidos** referem-se à quantidade de material que está presente na água. Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos, PORTO et al. (1991), que em águas naturais, origina-se, do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas, CARVALHO (1994). Os sólidos totais podem ser subdivididos em sólidos dissolvidos (não filtráveis) e sólidos em suspensão (filtráveis), PATEMIANI & PINTO (2001). Segundo os autores, esta variável torna-se muito importante quando se emprega métodos de irrigação localizada, seja por gotejamento ou

microaspersores. Os sólidos presentes na água, VON SPERLING (1996), podem ser classificados de acordo com o seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis).

Quanto ao tamanho, podem ser classificados em sedimentáveis, em suspensão, colóides e dissolvidos. Na prática, a classificação é feita separando-se os sólidos apenas em dois grupos: em suspensão e dissolvidos. Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não-sedimentáveis. Sólidos sedimentáveis são aqueles que se depositam quando se deixa a amostra de água em repouso durante uma hora. Os sólidos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. A separação entre sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos é feita utilizando-se uma membrana filtrante com poro igual a $1,2 \mu\text{m}$. qualquer partícula que passe é considerado dissolvido e aquela que fica retida são consideradas em suspensão.

Em águas naturais, a concentração de sólidos dissolvidos totais em amostras de águas superficiais dá idéia das taxas de desgaste das rochas por intemperismo. Em regiões com altos índices pluviométricos, mas com rochas insolúveis como o granito, o escoamento superficial apresentará baixos valores de sólidos dissolvidos totais. Podem-se caracterizar a litologia da região através dos íons mais freqüentemente presentes na água. A salinidade também está incluída como sólidos dissolvidos totais. Usualmente, é a parte fixa dos sólidos dissolvidos que é considerada como salinidade. Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão, e para águas de irrigação podem ocorrer graves problemas de salinização do solo. Quanto aos sólidos em suspensão, estes aumentam a turbidez prejudicando aspectos estéticos da água e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração de luz.

O **potencial hidrogeniônico (pH)** é a medida da acidez ou alcalinidade relativa de uma determinada solução. Seu valor para a água pura a 25°C é igual a 7 e varia entre 0 e 7, em meios ácidos, e entre 7 e 14 em meios alcalinos.

Conforme PATEMIANI & PINTO (2001), o potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida importante na análise de água para irrigação por estar intimamente relacionado com a concentração de outras substâncias presentes na água. Assim, por exemplo, uma água que apresenta pH acima de 8,3 contém altas concentrações de sódio, carbonatos e bicarbonatos, podendo tornar-se inadequada para irrigação. A concentração elevada desses íons na água, com a sua aplicação no solo, haverá influência no processo de intercâmbio de cátions da superfície da fase sólida do solo em direção a solução do solo e vice-versa. As águas de irrigação com pH inferior a 7 tornam-se corrosivas, enquanto valores de pH acima de 7 favorecem a incrustação de materiais nas tubulações e equipamentos de irrigação. Assim, nesses casos, a fim de verificar melhor o efeito corrosivo e incrustante da água, outros fatores além do pH devem ser considerados (oxigênio dissolvido, gás sulfídrico, sólidos totais dissolvidos, cloretos, ferro, dureza total etc.).

Os valores de pH da água de irrigação estão normalmente entre 6,5 e 8,4, AYRES & WESTCOST (1977), citado em PATEMIANI & PINTO (2001). Valores fora desses limites indicam que pode haver problemas na qualidade da água, recomendando-se uma análise mais detalhada dos parâmetros que definem sua qualidade.

O pH é importante porque muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente são intensamente afetadas pelo seu valor. Sistemas biológicos também são bastante sensíveis ao valor de pH, sendo que, usualmente, o meio deve ter pH entre 6,5 e 8,5 para que os organismos não sofram grandes danos. Muitas substâncias decorrentes da atividade humana despejada no meio aquático podem alterar significativamente o valor do pH, como a deposição ácida proveniente de poluição atmosférica. Dentre as substâncias que ocorrem naturalmente no meio ambiente e que podem alterar o pH, temos o gás carbônico que, ao dissolver-se na água forma ácido carbônico, reduzindo o pH. Água saturada de gás carbônico terá pH igual a 5,6.

O pH é uma importante variável da qualidade da água. Se o pH da água for muito baixo a água apresentará maior corrosividade e agressividade e, se for

muito elevado há a possibilidade de incrustações nas águas de abastecimento. Além disso, valores de pH muito distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

O valor do pH não indica a quantidade de ácidos das amostras de água ou efluentes, indica intensidade de acidez ou de alcalinidade. Os organismos presentes no tratamento biológico dos esgotos são exigentes em relação ao pH, assim é que, normalmente eles se inibem em meio com pH menor que 6 e superior a 9. Nas águas superficiais (rios, lagos) o pH é influenciado por diferentes fatores como a geologia da região, onde o corpo de água se insere e por possíveis fontes de poluição (despejo de efluentes domésticos, industrial ou agrícola). O pH das águas pode ser alterado pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pela lixiviação de rochas e da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes, CONTE & LEOPOLDO (2001). De acordo com a CETESB (2005), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

Segundo CARVALHO et al. (2000) existem relações positivas e negativas que podem influenciar as variáveis física e química em épocas de maior precipitação (verão), das variáveis utilizadas a temperatura da água, a turbidez, o pH e a concentração de oxigênio dissolvido foram os mais influenciados pelas estações e também os que melhor discriminaram o local de estudo.

O **oxigênio dissolvido (OD)** é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, pode ocorrer a morte de

diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus odores.

Segundo PATEMIANI & PINTO (2001), por ser um elemento essencial a vida aquática e também a microorganismos aeróbicos que o utilizam na degradação de matéria orgânica, a concentração de oxigênio dissolvido na água têm estreita relação com a contaminação por matéria orgânica.

Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e conseqüentemente, maiores o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

O **nitrogênio** na água pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2) (escapando para a atmosfera), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre – NH_3 e ionizada - NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

A origem de excessos de nitrogênio na água está normalmente associada a despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e uso de fertilizantes.

O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização), BRAGA et al. (2002).

O nitrato se encontra naturalmente nas águas por dissolução de rochas, ou por oxidação bacteriana da matéria orgânica. As altas concentrações decorrem da utilização de fertilizantes na água, RODRIGUES et al (2007).

A presença de nitrogênio, na forma de nitrato, em excesso na água pode trazer problemas graves de saúde à população como a metahemoglobinemia, doença que pode causar morte em crianças PATEMIANI & PINTO (2001). Esta

doença ocorre porque o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre. Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, e possui limite máximo permitido, CETESB (2005).

Os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste para nitrato consomem oxigênio dissolvido do meio (o que pode afetar a vida aquática), observando também que a amônia é diretamente tóxica aos peixes.

O **fósforo**, como o nitrogênio, é muito importante para os seres vivos, entrando na composição de muitas moléculas orgânicas essenciais. Pode provir de adubos, da decomposição de matéria orgânica, de detergentes, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas. É o principal responsável pela eutrofização artificial.

O fosfato é indispensável para o crescimento de algas, pois faz parte da composição dos compostos celulares. O zooplâncton e os peixes excretam fezes ricas em fosfato. Seu aumento na água aumenta a floração de algas e fitoplâncton. A liberação de fosfato na água ocorre mais facilmente em baixas quantidades de oxigênio. Estudos demonstram uma relação entre o nível de fósforo no solo e o fósforo dissolvido no escoamento superficial, SHARPLEY et al. (1975). PELEGRINNI (2005) relata que a maior concentração de fósforo é nos locais onde ocorre a ação antrópica, em áreas cultivadas.

A **demanda química de oxigênio (DQO)** é outro teste indireto de medida, pelo qual se avalia a quantidade de OD ($\text{mg O}_2/\text{L}$) consumido em meio ácido para degradar a matéria orgânica, biodegradável ou não. É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Um valor de DQO alto indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. Existem alguns interferentes como nitrato e compostos reduzidos de ferro que podem mascarar o teste de águas naturais. Este teste tem sido empregado principalmente para operação de sistemas de tratamento de efluentes e para a caracterização de efluentes industriais.

A **condutividade elétrica** da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. É a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica.

A condutividade elétrica é a propriedade expressa pela quantidade de eletricidade transferida através de uma área unitária, num gradiente de potencial definido, num intervalo de tempo definido. É uma propriedade intrínseca de cada material e, no caso de sistemas líquidos depende do número de cargas de íons dissolvidos. A condutividade elétrica de uma solução é um fenômeno cumulativo, sendo resultado da somatória das condutividades dos diferentes íons, CONTE & LEOPOLDO (2001).

Segundo ARCOVA (1996), a condutividade elétrica pode ser muito útil para detectar variações nas características qualitativas da água, pois está diretamente relacionada com a concentração total de íons. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. A variável condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas podem contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos etc.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H^+ e OH^- .

A unidade de medida é micromhos/cm a uma dada temperatura em graus Celsius. Sob o Sistema Internacional de Unidades, deve-se utilizar o microsiemens/cm, numericamente equivalente a micromhos/cm. As variações diferem para cada íon e concentração, mas pode-se dizer que para um aumento

de 1º C na temperatura da solução, corresponderá um acréscimo de 2% na condutividade. A água pura no estado líquido possui condutividade elétrica bem baixa, apenas centésimos de micromhos/cm a 25º C. À medida que cresce a concentração iônica, a condutividade da solução cresce. Existe boa correlação entre valores de condutividade e concentração iônica da solução para um único tipo de soluto. A condutividade das águas superficiais e subterrâneas também é bastante variada, podendo ser baixa, em valores como 50 micromhos/cm, em locais onde a precipitação é pobre em solutos e a litologia local é formada por rochas resistentes ao intemperismo, até valores de 50000 micromhos/cm, que é a condutividade da água do mar.

CÂMARA (1999), avaliando a qualidade da água numa microbacia experimental, concluiu que as variáveis físicas da água como a turbidez, a cor, a condutividade elétrica e os sedimentos em suspensão apresentaram-se como bons indicadores qualitativos do deflúvio. A turbidez e a cor estão associadas à presença de material em suspensão na água como argilas, detritos orgânicos que impedem a passagem de luz, sendo largamente utilizados para inferir-se sobre a perda de solos, portanto um bom indicador da qualidade da água com relação ao arraste de sedimentos. A condutividade elétrica, por sua vez, infere sobre a perda de nutrientes.

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

restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/L. São indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

As principais fontes de **cálcio** são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros. O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura. O cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato e sua solubilidade está em função da quantidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio. A reação resultante é a seguinte: $\text{Ca CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca (CO}_3)_2 \text{H}_2$.

Toda variação de temperatura e de pressão que levam à modificação do CO₂ dissolvido na água refletirá sobre seu conteúdo em Ca. A incrustação de um filtro de poço por CaCO₃ é uma das conseqüências deste processo. O cálcio é o principal elemento responsável pela dureza de uma água.

O **zinco** é um elemento químico essencial para as pessoas: intervém no metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos, estimula a atividade de mais de 100 enzimas, colabora no bom funcionamento do sistema imunológico, é necessário para cicatrização dos ferimentos, nas percepções do sabor e olfato e na síntese do DNA. O zinco é o 23º elemento mais abundante na crosta terrestre. As jazidas mais ricas contém cerca de 10% de ferro e entre 40% e 50% de zinco. Os minerais, dos quais se extrai o zinco são os óxidos. O zinco é encontrado na natureza principalmente sob a forma de sulfetos, associado ao chumbo, cobre, prata e ferro (galena, calcopirita, argentita e pirita, dentre outros). O minério sulfetado de zinco está sujeito a grandes transformações na zona de oxidação

formando óxidos, carbonatos e silicatos. As mineralizações ocorrem, principalmente, nas rochas calcárias que são as hospedeiras usuais.

O **magnésio** é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, formam sais mais solúveis. Os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas são: biotita, anfibólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico, do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor. Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de Mg. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas.

O **ferro** é um elemento persistentemente presente em quase todas as águas. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo Manganês. O ferro no estado ferroso (Fe^{2+}) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar fica amarelado, o que lhes confere uma aparência nada agradável.

Os limites estabelecidos são em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe e Mn, formando compostos estáveis, não oxidáveis nem através de forte cloração, e desta forma mantendo-as permanentemente em solução. O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro e o manganês presentes na água, e ainda adiciona

mais produto químico (fosfatos) à mesma. Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

O ferro é um elemento considerado micronutrientes em relação às plantas e necessários para o metabolismo animal, em concentrações elevadas pode se tornar tóxico, ESTEVES (1988). Geralmente está presente na água de forma insolúvel, o ferro pode precipitar na presença de oxigênio dissolvido convertendo-se em forte contribuinte para a obstrução de gotejadores, VON SPERLING (1996). O excesso de ferro pode causar entupimentos nos microaspersores e gotejadores de sistemas de irrigação.

A presença do ferro em águas superficiais é atribuída, principalmente, à decomposição de rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. Sendo um elemento abundante na superfície terrestre, é normalmente encontrado nos corpos de água, para onde é transportado, principalmente pelas chuvas, por meio da lixiviação do solo, ESTEVES (1988).

O ferro e manganês estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) numa grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido (água subterrânea ou fundo de lagos), eles se apresentam na forma solúvel (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico (na torneira do consumidor), o ferro e manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis, o que pode causar cor na água. O ferro e manganês podem ser oriundos da dissolução de compostos do solo ou por despejos industriais.

O **cobre** é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações devido a sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/L. A ingestão de altas doses pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas,

algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino.

O **manganês (Mn^{+})** é um elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico. Ocorre em teores baixos, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros.

O **potássio** é um elemento químico abundante na crosta terrestre, é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. Seus principais minerais fontes são: feldspato potássico, mica moscovita e biotita, pouco resistente aos intemperismo físico e químico.

6. Solo

O ser humano depende do solo, e até certo ponto, bons solos dependem do homem e do uso que deles faz BUCKMAN (1979). O solo, apesar de apresentar uma importância vital para a humanidade, pelo simples fato de estar localizado na parte superficial da Terra, onde o homem desenvolve grande parte de suas atividades e de onde tira o essencial para seu sustento, constitui um material ainda pouco compreendido.

O solo é um material difícil de ser conceituado. Parte desta dificuldade advém do fato de ser um material de uso múltiplo e de grande importância para diferentes campos de atividades, englobando desta forma vários domínios do conhecimento. Assim, para o engenheiro agrônomo ou para o agricultor, o solo é um corpo natural que sustenta o crescimento das plantas, enquanto que para o engenheiro civil é o material que serve de base para a sustentação das obras da engenharia. E existem outros conceitos para os hidrólogos, geólogos, antropólogos etc. Cada profissional define o solo em função de seus próprios objetivos práticos, utilizando, por conseguinte, diferentes métodos de estudos que

nem sempre levam a resultados convergentes, KIEHL (1979); BERTONI & LOMBARDI NETO (1990); BRAGA et al. (2002).

De uma maneira bastante simplificada e evocando somente sua gênese, sem lhe conferir qualquer conceituação prática, o solo pode ser definido como sendo “o resultado das transformações químicas, físicas e mineralógicas sofridas pelas rochas na superfície da Terra, na interface litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera”. O material assim formado constitui um manto friável que recobre de maneira descontínua as rochas da litosfera. Esse manto, parte integrante da paisagem continental, tem sido comumente denominado de cobertura pedológica KIEHL (1979); BERTONI & LOMBARDI NETO (1990); BRAGA et al. (2002).

Recentemente, foi desenvolvida uma noção importante para a compreensão do solo como ciência: a noção do solo como “um corpo vivo”, que se encontra em constante evolução, a qual se verifica naturalmente através do tempo ou influenciada por ações antrópicas que, em geral, aceleram o processo evolutivo. O solo formado a partir de um determinado tipo de rocha, sob a ação do clima, vegetação, relevo, organismos, passa por diferentes fases de evolução, desde uma fase jovem, onde o solo, com características próximas da rocha que lhe deu origem é pouco fértil, apesar de possuir um alto potencial de fertilidade, devido a grande quantidade de elementos nutrientes contidos nos minerais que constituem a rocha; passando por uma fase madura, quando apresenta o grau máximo de fertilidade, com forte desenvolvimento de seu complexo absorvente. Nesta fase o solo encontra-se em equilíbrio com a biosfera; e finalmente uma fase senil, pouco produtiva, quase inerte em relação à nutrição dos vegetais, quando o solo novamente se caracteriza por propriedades que o aproxima de uma rocha KIEHL (1979); BERTONI & LOMBARDI NETO (1990); BRAGA et al. (2002).

Este recurso natural é constituído de um sistema composto de três fases: sólida, líquida e gasosa, que guardam entre si uma proporção que difere de região para região. De acordo com KIEHL (1979), a fase sólida é considerada com a fase dispersa e a líquida como dispersante. A porção mineral consiste das partículas de vários tamanhos, resultantes da decomposição das rochas que deram origem ao

solo. A fração orgânica tem origem do acúmulo e decomposição de resíduos vegetais e animais, contando ainda com organismos vivos e em atividade. A fase líquida compõe-se de água, sais em dissolução e material coloidal em suspensão. E a gasosa é o ar do solo.

Na unidade de bacia hidrográfica, o solo é um componente do ambiente natural e antrópico, entretanto sua importância é muito desconsiderada, principalmente na conscientização ambiental e da importância no seu uso e ocupação, MUGLLER & TEIXEIRA (2002).

Na paisagem, à medida que a borda de uma superfície plana dá lugar ao aparecimento da declividade, o fluxo lateral se instala. Os pequenos agregados da parte superficial do solo recebem mais água por causa do umedecimento provocado pelo fluxo lateral. Inicialmente os agregados se aproximam uns dos outros, diminuindo ligeiramente a porosidade induzida pelas novas condições impostas pelos ciclos alternados de umedecimento e secagem. À medida que este processo progride, os pequenos agregados se aglomeram, diminuindo ainda mais a porosidade, MONIZ (2001).

6.1 Características Físicas e Químicas do Solo

As partículas que constituem os componentes minerais do solo tem sua origem na intemperização das rochas, KIEHL (1979). A análise física dos solos contempla diversas características morfológicas, entre elas cor, atração magnética, textura, estrutura, permeabilidade e mineralogia, KIEHL (1979); BUCKMAN (1979); EMBRAPA (1997) e MARQUES Jr. (1995).

Grande parte dos solos brasileiros são intemperizados e apresentam óxidos de ferro e alumínio e argilas do grupo da caulinita como principais constituintes da fração argila, minerais caracterizados pela presença de cargas de superfície variáveis segundo a reação da solução do solo, VOLKSWEISS & RAIJ (1977).

A análise química dos solos contempla diversas variáveis, entre eles pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, KIEHL (1979); BUCKMAN (1979); CENTURION (1998); EMBRAPA (1997) e MARQUES Jr. (1995).

O **potencial hidrogeniônico (pH)** é uma propriedade essencial, define o comportamento dos elementos químicos no solo e também o comportamento dos seres vivos (fauna e flora). No caso dos elementos químicos, o pH determina sob que formas estes estarão nas soluções que percolam o solo. Em função do pH do solo o pKa dos elementos (constante de acidez) pode-se prever sua existência sob uma forma catiônica (ou aniônica), sob forma de hidróxido ou ainda sob forma de sais. Conhecendo-se a solubilidade dos produtos formados é possível definir a mobilidade dos elementos em um determinado solo.

A **matéria orgânica** é definida biologicamente como matéria de origem animal ou vegetal e geologicamente como composto de origem orgânica, encontrados sob a superfície do solo. As plantas e suas raízes e os microrganismos do solo exercem um papel preponderante sobre a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo, sendo influenciado pelo volume e decomposição dos tecidos vegetais. A quantidade de matéria orgânica no solo também dependerá da quantidade de biomassa produzida pelas plantas. Serve como uma fonte de alimento para microrganismos através de reações químicas, influenciando nas propriedades físicas do solo.

A matéria orgânica natural do solo apresenta maiores concentrações nas camadas superficiais (< 1,0 m) e diminui com o aumento da profundidade.

O **fósforo** nos solos brasileiros tem baixa disponibilidade, em consequência do material de origem e da forte interação deste elemento no solo, RAIJ (1991). Este fato tem importância alta tendo em vista que em solos tropicais há elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, com os quais o fósforo tem grande afinidade. Essas informações dão suporte à idéia que se tem sobre os nutrientes N, P e K, ou seja, com fósforo se aduba o solo, com nitrogênio e potássio se aduba a planta. O pH tem papel crítico na disponibilidade de fósforo no solo. Os teores de fósforo na solução do solo são determinados pela solubilidade dos compostos. Na prática,

isso significa um grande aumento de concentração de P em solução no caso dos fosfatos de alumínio e ferro, com o aumento de pH no solo. Da mesma forma, o teor de P na solução do solo aumenta com a diminuição do pH quando o determinador de equilíbrio é um fosfato de cálcio. A maior disponibilidade de fósforo no solo está na faixa de pH em água de 5,5 a 6,8, o que equivale, aproximadamente, a valores de 5,0 a 6,2 de pH em cloreto de cálcio. Trata-se das condições que permitem a combinação das maiores solubilidades, ao mesmo tempo, de fosfatos de alumínio, de ferro e de cálcio. Vários são os atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fósforo, sendo os principais: o tipo e teor de argila, de colóides amorfos e de matéria orgânica, NOVAIS & SMITH (1999); RAIJ (1991).

O **potássio** é bastante móvel no solo e sua absorção é altamente seletiva, CHEN & GABELMAN (2000). Embora não sejam conhecidas as funções desse nutriente, sabe-se que ele ativa mais de 60 enzimas. Suas principais funções estão ligadas a processos vitais, tais como: fotossíntese, translocação e balanço iônico, MARSCHNER (1995). A difusão é o principal mecanismo de transporte do potássio até a raiz; contudo, o fluxo de massa pode ter contribuição significativa no processo quando a concentração de potássio na solução do solo é elevada, RUIZ et al. (1999).

Quando fertilizantes de nitrogênio são adicionados ao solo para aumentar a produtividade, aumenta a remoção do potássio. Sendo assim, o potássio pode se tornar um nutriente limitante em solos fertilizados com grande quantidade de outros nutrientes. É um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, cerca de 2,6%; porém, muito desse potássio não está disponível para as plantas, pois geralmente se apresenta sob a forma de minerais (silicatos que contém o potássio, por exemplo - $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$). Encontra-se na estrutura de minerais, fixado em minerais argilosos, no complexo de troca e em solução. A disponibilidade do potássio para as plantas depende do poder tampão do solo e do nível do nutriente em solução.

O **cálcio** e o **magnésio** encontram-se na estrutura de minerais ou da matéria orgânica, adsorvidos no complexo de troca e em solução. O íon cálcio é normalmente o primeiro no sítio de troca, o magnésio o segundo e o potássio o terceiro. A proporção entre íons adsorvidos e em solução depende sobretudo do teor de cada elemento e da capacidade de troca catiônica do solo, sendo que o cálcio é adsorvido preferencialmente ao magnésio.

7. Sedimento

O sedimento é um material originado por intemperismo e erosão de rochas e solos que é transportado por agentes geológicos (rio, vento, gelo, correntes) e que se acumula em locais baixos, desde os sopés de encostas e as planícies aluvionares até as grandes bacias geológicas ou sedimentares. O excesso de sedimento ocasiona efeitos adversos nos recursos hídricos e no habitat da flora e fauna local. Nos últimos séculos o uso indiscriminado do solo tem ocasionado um aumento considerável no volume de sedimento transportado em bacias hidrográficas. Um dos principais processos a que ocorre é o transporte de nutrientes para as partes mais baixas das bacias hidrográficas, BRINDLEY & BROWN (1980); OLIVEIRA (2000); OLIVEIRA et al. (2002).

8. Uso e Ocupação do Solo

A problemática ambiental assume importante papel, visto a ocupação desordenada do espaço e a intensa exploração dos recursos naturais, levando ao esgotamento e à degradação do meio natural. As

O estudo do uso e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste o solo. Segundo ROSA et al. (1989) a

expressão 'uso do solo' pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço esta sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do mau uso causam deterioração no ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são conseqüências do mau uso deste solo.

PIRES et al. (2004) ressaltam que é necessário compreender e avaliar os diferentes uso e ocupação da terra para a sustentabilidade e às metas de administração sustentável.

Os usos rurais assim como os urbanos apresentam, entre si, diferenças significativas tanto no porte das unidades fundiárias (rurais) e dos equipamentos (urbanos) que os abrigam quanto nos padrões tecnológicos adotados e nas relações entre atores sociais e econômicos envolvidos nas atividades atinentes a esses usos assim como na relação de tais atores com o ambiente. Uma das ocupações do solo mais importantes no que tange ao meio são as matas ciliares e suas nascentes.

Dentre os tipos de ocupação do solo em coberturas vegetais, a cobertura florestal é a que maior efeito exerce sobre as nascentes. Não existe a composição ideal e sim aquela mais adequada para cada situação específica. Assim, é importante conhecer o indivíduo florestal para melhor entender sua contribuição hidrológica e dele fazer-se melhor uso. O planejamento e a orientação de um técnico especializado são fundamentais, CALHEIROS (2004).

Na recuperação da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanente (APP) já degradadas, devem-se distinguir as orientações quanto ao tipo de afloramento de água, ou seja, sem ou com acúmulo de água inicial, pois o encharcamento do solo ou a submersão temporária nas chuvas, do sistema radicular dos indivíduos plantados, a profundidade do perfil e a fertilidade do solo são alguns dos fatores que devem ser considerados, pois são seletivos para as espécies que vão conseguir se desenvolver, RODRIGUES & SHEPHERD (2000).

O uso e a ocupação do solo estão associados às práticas agrícolas ao meio ambiente e muitas vezes essas práticas são inadequadas causando um impacto negativo. Para reverter este cenário de mau uso e ocupação do solo é necessário um planejamento de ações planejadas com informações precisas e atualizadas sobre a base de recursos físicos, naturais e econômicos.

O planejamento e gerenciamento ambiental atende a este direcionamento, tendo como objetivo a organização das atividades sócio-econômicas e ambientais no tempo e no espaço, com o uso integrado dos recursos naturais, maximizando a produtividade e minimizando os impactos negativos ao meio ambiente. As bacias hidrográficas correspondem às unidades físicas da paisagem, ideais para a gestão, manejo e conservação dos recursos naturais.

9. Impacto Ambiental

O estudo da paisagem na unidade territorial de bacias hidrográficas, com conseqüentes processos multivariados, depende de uma integração de mais alto nível multidisciplinar, MACEDO (1991); SIMÕES (1997).

Esta integração apresenta soluções plausíveis a serem realizadas para minimizar os danos causados ao meio ambiente, e visa, principalmente, recuperar o meio físico no que concerne ao processo erosivo do solo e apontar novas alternativas que se fazem necessárias para um desenvolvimento sustentável.

Do ponto de vista de manejo ambiental, o termo degradação da paisagem enfoca as áreas mais críticas que causam forte impacto ambiental em uma bacia hidrográfica, e os diagnósticos realizados para definir estas áreas são importantes ferramentas para visualizar a problemática ambiental, para posterior aplicação de um manejo conservacionista quanto ao uso e ocupação do solo, ERBA & ROCHA (1992).

O processo de desgaste ocorre, na maioria das vezes por ações antrópicas, e deve ser diagnosticado em trabalhos técnico-científico, os quais são

desenvolvidos para quantificar áreas deterioradas, principalmente considerando a bacia hidrográfica como unidade fundamental para estes estudos. Os efeitos das atividades humanas nos ecossistemas são os principais responsáveis pela condição de uma região ser ou não sustentável. O manejo deve repensar o uso do território no sentido de reduzir impactos prejudiciais ao meio, PIRES et al. (2004).

O uso do solo é fator de importância fundamental na ocorrência natural de água. O desmatamento e a urbanização podem modificar os componentes do ciclo hidrológico ao diminuírem, por exemplo, a evapotranspiração. Com o desmatamento, há maior presença da umidade no solo, e sua capacidade de infiltração também diminui. Assim, existe uma tendência de aumento do escoamento superficial durante eventos chuvosos, o que amplia a frequência de ocorrência de cheias. Tal fato tende a tornar-se gradativamente mais intenso pela diminuição da proteção do solo contra a erosão e a conseqüente diminuição de sua permeabilidade pelo desmatamento.

O estudo do impacto ambiental delimita as regiões com diferentes coberturas do solo e estuda as mudanças que ocorrem ao longo do tempo, SANTOS et al. (2004). Segundo SILVA et al. (2003), o impacto negativo, como a impermeabilidade do solo, ocasiona alterações no ciclo hidrológico, já que ocorre diminuição da porcentagem de água infiltrada e ainda aumento no escoamento superficial. Conseqüentemente, a produção de sedimento aumenta, ocorre alteração na camada superficial do solo em função do empobrecimento de sua fertilidade e perdas por erosão. Assim, como resultado observa-se o processo de assoreamento e/ou contaminação dos cursos d'água e da cadeia alimentar.

Segundo ANA (2004) o corpo hídrico sofre vulnerabilidade a carga contaminante potencial e à contaminação antrópica, que relaciona-se à suscetibilidade que um corpo de água tem em ser degradado por uma atividade antrópica. É, portanto, uma característica associada ao substrato rochoso (solo e zona não-saturada), uso e ocupação do solo que é o conceito de perigo (ou inadequadamente chamado de risco), que é a integração da vulnerabilidade e da carga contaminante potencial.

Os trabalhos desenvolvidos e descritos em SANTOS et al. (2004) retratam a importância da análise do meio no princípio da ecologia da paisagem para a implementação efetiva do planejamento e gestão ambiental. As unidades especializadas integram as características físicas, biológicas e antrópicas e a compreensão destes fatores é de importância fundamental para o planejamento e manejo dos recursos naturais.

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

O projeto de pesquisa foi realizado na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., localizada no Planalto Ocidental Paulista, centro norte do Estado de São Paulo, entre as latitudes $21^{\circ} 18' S$ e $21^{\circ} 33' S$ e longitudes $48^{\circ} 14' W$ Gr. e $48^{\circ} 44' W$ Gr. O Córrego da Fazenda da Glória nasce na Serra do Jaboticabal, em Taquaritinga, e deságua à montante do Córrego Rico. A Figura 3 mostra a localização do Município de Taquaritinga em relação à área do Estado de São Paulo.



Figura 3. Localização da área de estudo no Estado de São Paulo.

O Município possui como Municípios circunvizinhos, Monte Alto, Guariba, Jaboticabal, Santa Ernestina, Dobrada, Matão, Itápolis e Cândido Rodrigues, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1972) e é ladeado pelas Serras do Jaboticabal, Monte Alto e Morro do Broa.

A Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória (Figura 4) é uma das microbacias hidrográficas mais importantes do município e esta inserida na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico e vinculada ao Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Mogi-Guaçu, segundo a Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo.



Figura 4. Vista Geral da Área da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.

A Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória é considerada de 4ª ordem de magnitude e é constituída de 07 microbacias hidrográficas de 2ª ordem e 02 microbacias hidrográficas de 3ª ordem de magnitude, e a área revela-se de importância agrícola com características socioeconômicas agrícolas e por ser a única a apresentar fragmentos naturais de Mata Atlântica. É uma área de cabeceira com formação natural, drenada por um curso d'água, para onde converge toda a água de escoamento. O Córrego da Fazenda Glória nasce na Serra do Jaboticabal, no Município de Taquaritinga, e deságua à montante do Córrego Rico.

O clima é classificado, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, como mesotérmico úmido de verão quente (Cwa), Comissão de Solos CNPA (1960). A precipitação varia entre 1.100 e 1.700 mm anuais.

O material geológico da área é constituído de arenitos com cimento calcário classificado como da formação Bauru (Kb-cretácio superior) (Instituto Geográfico e Geológico). Apresenta conformação relativamente movimentada, sendo o relevo classificado como suave ondulado e ondulado, (colinas amplas e médias) com declives longos e em algumas áreas forte ondulado. Apresenta linhas de “cuestas” que segundo PENTEADO & RANZANI (1974) delimitam parte do bordo superior do planalto de Jaboticabal.

Os solos de ocorrência na área de acordo com OLIVEIRA et al. (1999) são classificados como Argissolos Vermelho – Amarelos eutróficos, textura arenosa / média e média, relevo suave ondulado + Argissolos Vermelho – Amarelos, eutróficos, abruptos, textura arenosa/média, relevo suave ondulado e ondulado, ambos com horizonte A moderado (PVA3), antiga classificação dos Podzólicos Vermelho – Amarelos, solos Podzolizados de Lins e Marília – variações Lins e Marília.

A vegetação originária é composta pela Floresta Latifoliada Tropical. Na área ocorrem fragmentos de mata e as principais culturas produtivas são: manga, limão, goiaba, laranja e cana-de-açúcar.

2. Área Experimental

A área experimental para a avaliação do impacto ambiental é a Microbacia do Córrego da Fazenda da Glória, localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico no Município de Taquaritinga, S.P., (Figura 5).

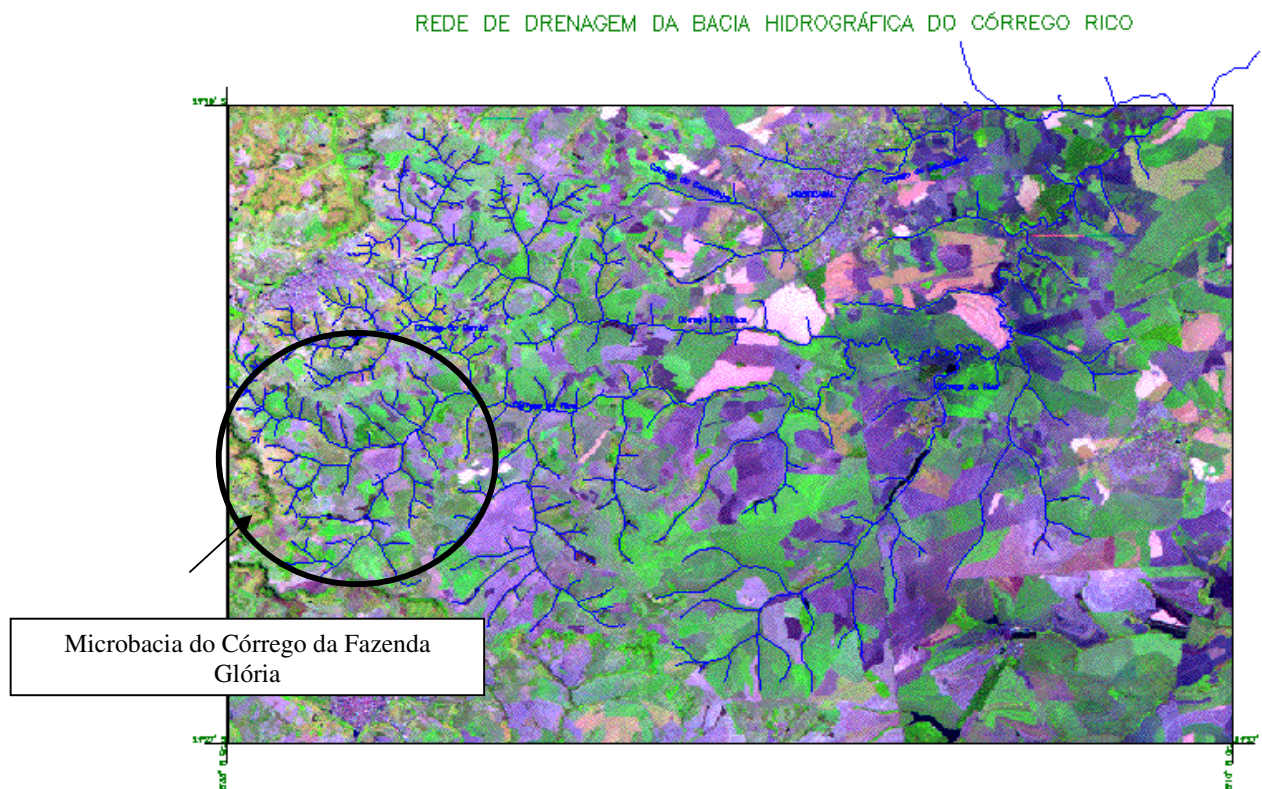


Figura 5. Área experimental para a avaliação do impacto ambiental, Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Município de Taquaritinga, S.P.

Na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória foram consideradas como pontos de coleta de dados 4 (quatro) microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude e uma foz (Figuras 6 e 7).

- Microbacia de 1ª ordem de magnitude 1 (M1) - água coletada na nascente, o entorno protegido por mata e em seguida ocorre a formação de pastagem (Figura 8).
- Microbacia de 1ª ordem de magnitude 2 e 3 (M2 e M3) - água coletada na nascente das microbacias com o entorno alterado por cultura agrícola, predominante de cana-de-açúcar, sem vegetação nativa (Figura 9 e 10).

- Microbacia de 1ª ordem de magnitude 4 (M4) - água coletada na nascente represada com o entorno de reflorestamento em estágio inicial e plantio de palmito (Figura 11).
- Foz 1 (F1) – água coletada na foz das microbacias hidrográficas M1 e M4, para a comparação das condições hidrológicas de áreas com proteção da vegetação nativa e sem a ação dessa proteção (Figura 12).

A seleção dos pontos de coleta foi idealizada no intuito de comparar a variação no tempo e no espaço das variáveis físicas e químicas da água, solo e sedimento.

Justifica-se a seleção das microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude pelo tipo de uso e ocupação do solo ao redor de suas nascentes, para que a água analisada não receba influência direta de outra cobertura vegetal, eliminando os efeitos sobre a movimentação dos nutrientes e da condição hidrológica de outra cobertura vegetal do solo.

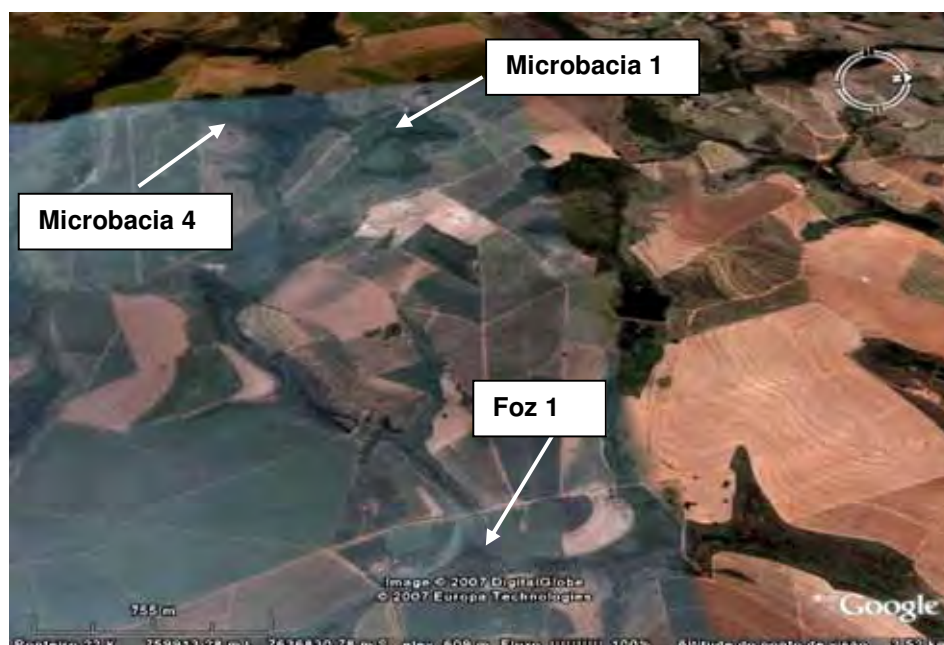


Figura 6. Vista aérea da rede de drenagem da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., com os pontos M1, M4 e Foz 1.



Figura 7. Vista aérea da rede de drenagem da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., com os pontos M2, M3 e Foz 1.



Figura 8. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M1) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.



Figura 9. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M2) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.



Figura 10. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M3) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.



Figura 11. Ponto de coleta na microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude (M4) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.



Figura 12. Ponto de coleta na foz (F1) das microbacias hidrográficas M1 e M4 da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.

3. Etapa de Levantamento de Dados e Mapeamento

Inicialmente, levantaram-se informações existentes sobre a região da bacia hidrográfica nos mapas topográficos, geomorfológicos, pedológicos e de cobertura vegetal.

Para a análise inicial foi utilizado o material cartográfico básico, que é composto pela coleção de fotografias aéreas verticais, com escala 1:30.000 que pertence ao levantamento de cobertura aerofotogramétrica realizada na região em 1983/84 e 2001/02, cujo depositário é a BASE–Aerofotogrametria e Projetos S/A; Folhas Jaboticabal e Taquaritinga, editada pelo IBGE, em 1971 (escala 1:50.000) e Mapas da rede de drenagem, do uso e ocupação do solo, planialtimétrico e processos erosivos, RODRIGUES (2005) que recobre a área de estudo.

Na etapa de mapeamento, a base cartográfica existente foi colocada em um mesmo padrão cartográfico, na mesma escala. Toda a documentação cartográfica disponível foi coletada e em seguida foram definidos os planos de informações (PIs), georreferenciados em uma projeção cartográfica compatível com a escala cartográfica adotada.

As microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude foram selecionadas de acordo com a classificação dos canais de drenagem estabelecida pelo critério de HORTON (1945), modificado por STRAHLER (1957), sendo considerados canais de drenagem de 1ª ordem os que não apresentarem ramificações, conforme STRAHLER (1957). Nessa identificação estão incluídos os cursos d'água permanentes, segundo recomendações de STRAHLER (1957). Para extrair as informações da imagem, envolveu-se a determinação dos elementos de reconhecimento.

Na interpretação do uso/ocupação, geologia e solo, os mapas foram sobrepostos à base cartográfica da rede de drenagem georreferenciada, AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRY (1960); LOPES VERGARA (1971).

A transformação dos mapas em formato analógico para o formato digital foi realizada no programa CAD (*Computer Aided Design*) AutoCAD 2008, sendo as linhas, pontos e polígonos digitalizados em cada plano de informação (PI - *layer*) previamente estabelecido e elaborado manualmente, oferecendo bom nível de detalhamento para o

objetivo proposto. A digitalização foi realizada diretamente sobre os mapas, após ter sido definido o sistema de coordenadas de referência – UTM, identificáveis na Carta do IBGE. Todas as feições (rios, estradas, cidades, curvas de nível, áreas das comunidades vegetais e solos) foram registradas em camadas (*layers*), sendo atribuída uma cor para cada *layer*. O mapeamento da bacia hidrográfica, com os dados de sensoriamento remoto visualmente interpretados, seguiu a metodologia proposta por PEREIRA et al. (1989), NOVO (1989).

O mapa da cobertura vegetal foi elaborado mediante a delimitação das formações vegetais segundo o mapeamento da vegetação natural do Estado de São Paulo, escala 1:50.000, edição de 1989, obtido junto ao Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN), em Ribeirão Preto, S.P., sendo consideradas as seguintes formações:

- Solo nú
- mata
- capoeira
- campo sujo
- campo –pastagem limpa
- reflorestamento
- citros
- outras culturas permanentes
- cana-de-açúcar
- culturas de ciclo curto
- várzea não cultivada

Na elaboração da legenda foi utilizada informação proveniente da imagem analisada e trabalho de campo. O conjunto de dados no mapa foi organizado em sistema hierárquico, e com base nos resultados foi realizado o mapeamento do uso e ocupação do solo.

A mata foi caracterizada por áreas de contornos irregulares e de aspecto variável, segundo o tipo e idade. Formação dominada por elementos arbóreos, composta de três estratos de vegetação, com textura rugosa e tonalidade verde bem escuro.

As coberturas vegetais, capoeira e campo apresentaram textura rugosa variando em função dos estratos arbóreos e tonalidade verde médio a escuro, com estrutura desordenada.

As áreas de campo-pastagem limpa apresentaram textura aveludada, com alguns pontos de textura granular, tonalidade verde-médio e estrutura ordenada.

As culturas apresentaram formas geométricas definidas, sendo em faixas e de aspecto variável segundo a idade. Os pomares de citros apresentaram forma geométrica regular com contorno em destaque. Estrutura das plantas dispostas em alinhamentos definidos, regulares e individualizados.

As outras culturas apresentaram forma geométrica, com expressão de contorno com destaque variado, com baixa ocorrência de carreadores. Estrutura desordenada e tonalidade variável. Quanto aos aspectos associados foram identificados as linhas de nível e terraceamentos.

A classe de cana-de-açúcar é predominante. Esta cultura concentra-se na porção do relevo menos acidentado, embora ocorra, também, nas áreas mais íngremes. Apresenta-se distribuída em áreas relativamente extensas, recortadas por carreadores, com no mínimo dois estágios de desenvolvimento, com formas geométricas regulares, telhado plano, contínuo e homogêneo. A cana adulta apresentou textura mais grosseira do que a cana nova, com tonalidade verde-médio a verde-claro, respectivamente. A estrutura se formou pelo conjunto de talhões delimitados por carreadores que se destacam aos aspectos associados. As áreas de cana com colheita mecanizada apresentam coloração esbranquiçada a amarelada.

As áreas de solo exposto apresentaram textura lisa, tonalidade rosa claro a vermelho escuro. As sedes foram identificadas pela presença de edificações, com textura rugosa, tonalidade esbranquiçada, com aspectos associados a forma e arranjo espacial bem definido.

O mapa das unidades de solo teve como referencial o levantamento de solos segundo OLIVEIRA et al. (1999).

O mapa planialtimétrico foi elaborado pela transferência direta das curvas de nível da área na bacia hidrográfica. A escala foi ajustada baseando-se nos pontos de apoio cartográfico das cartas topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1971, em escala 1:50.000, equidistância vertical entre curvas de nível de 20m. Esta carta foi empregada como material auxiliar na delimitação de

diversas características da área de estudo e principalmente como ponto de apoio planialtimétrico para a obtenção das coordenadas geográficas na localização dos pontos de coleta de dados em campo.

4. Etapa de Georreferenciamento

No georreferenciamento dos pontos de controle foi utilizado o aparelho receptor portátil GPS (*Global Positioning System*) e um receptor GPS Geodésico. Na tomada fotográfica, durante as visitas técnicas, foi utilizada uma câmara digital fotográfica.

Para a coleta dos pontos de controle para a etapa de georreferenciamento foram utilizados pontos bem visíveis na superfície terrestre e nas imagens para materializar um referencial tridimensional teórico. Este procedimento foi realizado em campo com os receptores GPS de navegação e geodésico, tendo em vista a economia e precisão, tornando-se viável o levantamento de todos os pontos de controle.

O georreferenciamento foi realizado para os pontos de coleta de água, solo e sedimento da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Coordenadas geográficas (UTM) dos pontos de coleta de água e sedimento.

Pontos de Coleta	Coordenadas Geográficas (UTM)	
M1	757340,38 m L	7637023,11 m S
M2	761431,28 m L	7634655,75 m S
M3	760719,77 m L	7637072, 01 m S
M4	757402,23 m L	7635978, 58 m S
F1	759895,40 m L	7636809,94 m S

Tabela 3. Coordenadas geográficas (UTM) dos pontos de coleta de solo.

Microbacia Hidrográfica		Coordenadas Geodésicas (UTM)	
Pontos de coleta de solo		NORTE	LESTE
M1	M11	7637021,51	757313,37
	M12	7636959,99	757241,89
	M13	7636959,81	757307,95
	M14	7636880,98	757307,55
	M15	7636963,07	757380,12
M2	M21	7634765,62	761606,63
	M22	7634809,03	761724,75
	M23	7634844,57	761823,00
	M24	7634898,68	761681,75
	M25	7634711,59	761769,17
M3	M31	760793,10	7637034,58
	M32	760975,46	7636977,93
	M33	761342,48	7636979,11
	M34	760793,10	7637034,58
	M35	760992,99	7637083,34
M4	M41	7635821,19	756866,88
	M42	7635721,80	756721,51
	M43	7635726,67	756859,84
	M44	7635625,88	756864,21
	M45	7635697,72	756977,13
F1	F11	7636871,21	759972,32
	F12	7636901,34	760035,81
	F13	7636837,89	759981,04
	F14	7636776,09	760067,23
	F15	7636719,45	760154,33

5. Coleta e Análise do Recurso Hídrico

As amostras de água superficial, dos córregos de 1ª ordem de magnitude, foram coletadas utilizando um recipiente “limpo”, de plástico, com capacidade volumétrica de até 2 Litros, abertos no momento da coleta e fechados logo a seguir. Foi utilizada a metodologia da água superficial e mais central possível no leito do córrego. As amostras foram cuidadosamente coletadas, tomando-se o devido cuidado para não incluir partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material accidental, foi verificado o volume suficiente para eventual necessidade de repetir alguma análise de laboratório e identificação do ponto de amostragem e data de coleta. As amostras de

água foram realizadas nos quatro pontos localizados nas bacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude (M1, M2, M3 e M4) com diferentes uso e ocupação do solo em torno das nascentes e no ponto de foz (F1) das bacias hidrográficas M1 e M4.

Foram analisadas na água as variáveis físicas (temperatura, turbidez, sólidos totais dissolvidos, odor, cor aparente) e químicas (pH, oxigênio dissolvido, cloreto, nitrogênio total, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, demanda química de oxigênio, condutividade elétrica, metais como Ca, Zn, Mg, Fe, Cu, Mn, K).

Para a caracterização das águas superficiais da bacia, foram coletadas amostras de água de agosto de 2006 a agosto de 2007, caracterizando os períodos de chuvas e sem chuvas.

A temperatura e a condutividade elétrica foram determinadas diretamente no campo através de um multisensor (*Water Quality Checker*), marca HORIBA, modelo U10.

A turbidez e o cloreto foram determinados no laboratório através do analisador de água portátil, microprocessado digital, espectro de emissão de 880nm, marca ALFAKIT.

O odor foi analisado por percepção humana. A cor aparente que é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto foi determinada seguindo a metodologia de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. A cor verdadeira é medida em unidades de cor dadas pela escala de platina-cobalto, ou escala de Hazen. A escala de cores varia desde um amarelo pálido até o marrom escuro, e é feita a leitura em um espectrofotômetro.

A determinação do pH e sólidos totais dissolvidos foi realizada no equipamento portátil, modelo HI 98129, da marca HANNA, com leitura direta.

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo oxímetro portátil da marca HANNA, com leitura direta em campo.

Para determinação do nitrogênio total, nitrato, nitrito, fósforo total, amônia, demanda química de oxigênio foi utilizado um fotocolorímetro digital microprocessado com resolução de espectrofotômetro para análises gerais de água. Pré-programado

com 100 curvas possui interface serial com o computador, o que proporciona a inserção de curvas, equipamento completo de fácil operação, marca ALFAKIT.

Os metais foram determinados através de uma digestão pelo aparelho Digesdahl e em seguida lidos por espectrofotometria de absorção atômica.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Biodigestão Anaeróbica do Departamento de Engenharia Rural e no Departamento de Tecnologia, ambos da FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

6. Coleta e Análise do Solo e do Sedimento

A amostragem superficial composta de solo foi realizada em cada uso e ocupação, seguindo as recomendações de coleta e preparo de amostras complexas de terra determinadas por LEMOS & SANTOS (1976) e KIEHL (1979), nas profundidades de 0-20 cm (camada fértil).

A coleta de solos foi realizada nas vertentes das microbacias, com amostragem composta de solo na área que recebe o impacto predominante de cada uso e ocupação em cada microbacia. Uma malha de 5 pontos de amostragem na vertente foi idealizada na área considerando o talvegue da microbacia e o divisor topográfico acima do ponto de coleta de água, no início de cada rede de drenagem, nas microbacias de 1ª ordem de magnitude. Em cada ponto, foram coletadas, com a utilização de um trado holandês, dez subamostras de material de solo para compor uma amostra composta representativa do ponto de amostragem, sendo uma no centro e as outras nos quatro pontos cardeais espaçadas de 2,5m do ponto central (Figura 13 e 14).



Figura 13. Coleta de solo na vertente da microbacia hidrográfica de 1ª ordem de magnitude, Taquaritinga, S.P.

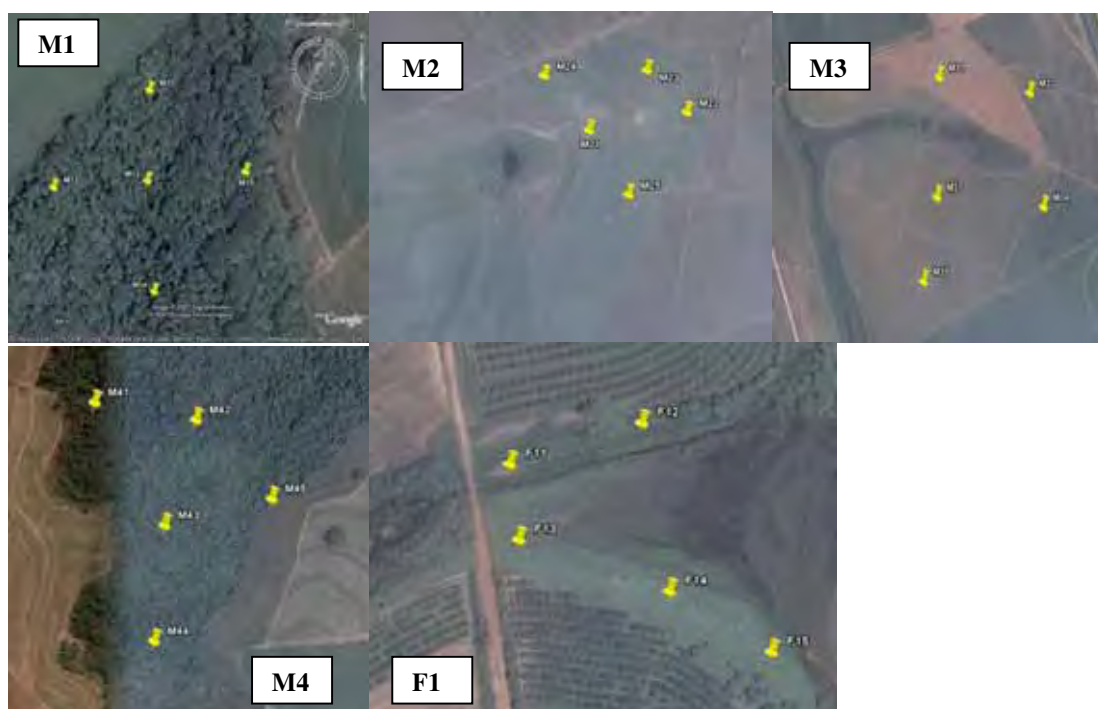


Figura 14. Áreas das microbasins hidrográficas (M1, M2, M3 e M4) e da foz (F1) com os pontos de coleta de solo georreferenciados.

As amostras de sedimento foram coletadas no leito maior do córrego, tendo como referência o colúvio e o leito do córrego, na profundidade de 0 -10 cm, (Figura 15).



Figura 15. Coleta de sedimento no leito do córrego das bacias hidrográficas, Taquaritinga, S.P.

As variáveis analisadas de solo e sedimento foram: pH, matéria orgânica (m.o.), P, K, Ca, Mg, H+Al, feitos através da Análise Básica, e B, Cu, Fe, Mn, Zn, pela Análise de Micronutrientes realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Os métodos utilizados seguiram as recomendações do Manual de Métodos de Análise de Solos, EMBRAPA (1979), dentro do Programa de Qualidade de Análise de Solo – Sistema IAC, 2006 e 2007.

7. Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos de Taquaritinga, S.P., utilizados nesse trabalho foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes Banco de dados da Coopercitrus (Cooperativa de Cafeicultores e Citricultores do Estado de São Paulo).

8. Análise de Dados

Os resultados obtidos foram analisados tendo em vista os objetivos e quanto à possibilidade de adequação ou mesmo extrapolação para condições ambientais semelhantes àsquelas verificadas na microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P. Estatisticamente, obtiveram-se áreas com as nascentes protegidas por vegetação ciliar e das atividades agrícolas (M1, M2, M3 e M4), e a foz (F1) recebendo o impacto direto de toda a área das microbacias hidrográficas (M1 e M4), analisadas ao longo do tempo (meses do ano) e no espaço (microbacias hidrográficas). A coleta de dados do recurso hídrico foi obtida na forma de valores médios mensais, concordado com TUCCHI (1993). O Teste de Tukey foi realizado após a coleta de todos os dados no período proposto. Em cada microbacia hidrográfica, foi coletado o solo em suas vertentes, com 5 repetições no intuito de realizar uma análise do solo quanto as variáveis e a possível correlação ao recurso hídrico.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo

A evolução da ocupação do espaço rural na microbacia levou em consideração uso tradicionais e históricos, tais como o plantio de café, presente desde a década de 30 do século XVIII e a expansão agrícola; o desmatamento; a introdução de pastagens, frutíferas e citrus, com áreas de reflorestamentos; e atualmente a cultura de cana-de-açúcar.

Como resultado da análise visual nas imagens, nos documentos cartográficos e em visitas de campo foi identificado a rede hidrográfica e as comunidades vegetais naturais e agrícolas.

As extensões totais dos principais usos e ocupação do solo no período analisado entre 1983, 2000 e 2005 são apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6 e nas Figuras 16, 17 e 18 apresentadas de fotografias aéreas e de imagens de satélite, na escala de 1:20.000.

O conjunto global dos dados apresentados confirma a tradição de que a cultura de cana-de-açúcar passou a ser a principal forma de uso do solo na microbacia hidrográfica, com aproximadamente 1446 ha (71%). Em 2000 havia 1.105,11ha (55%) da área total, em detrimento de pomares de citrus e outras culturas que anteriormente ocupavam a maior área da microbacia em 1983 com 738,06ha e 408,54ha, respectivamente. A expansão desordenada da cultura da cana-de-açúcar, que leva em consideração aspectos econômico, sem preocupação com a aptidão das terras, pode causar impactos ambientais.

Tabela 4. Distribuição dos principais uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./1983.

Uso e Ocupação	Área (ha)
0- Solo nu	0,00
1- Mata	20,20
2- Capoeira	15,93
3- Campo sujo	129,85
4- Campo limpo - pastagem	82,08
5- Cultura semi-perene	5,00
6- Citrus	738,06
7- Outras culturas	184,46
8- Cana-de-açúcar	399,96
9- Culturas de Ciclo Curto	408,54
10- Várzea não cultivada	45,33
AU- Área urbana	7,65
Benfeitorias	2,25
Total	2039,31

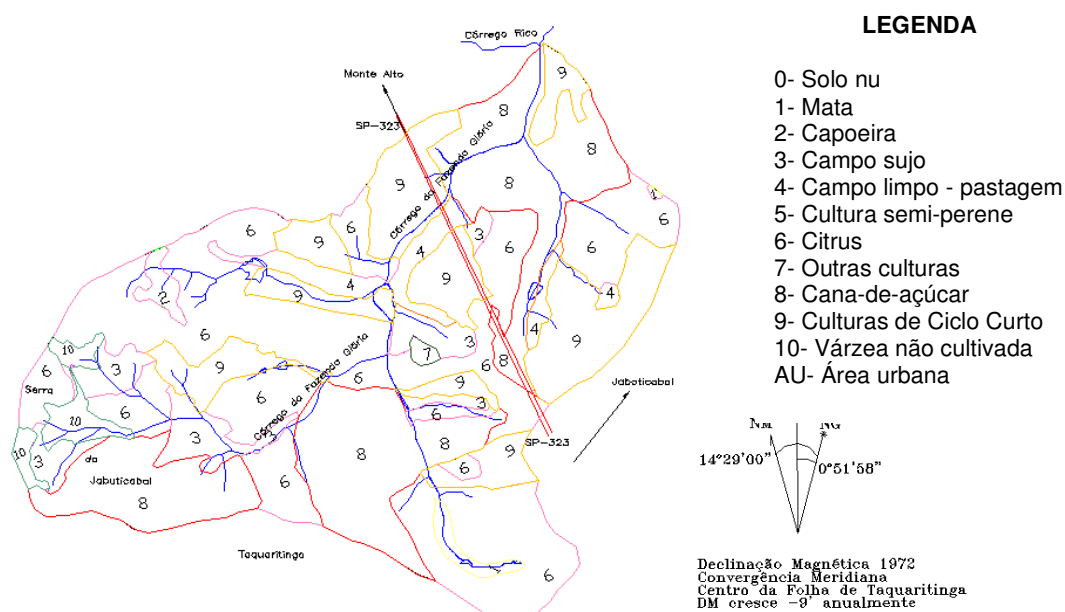
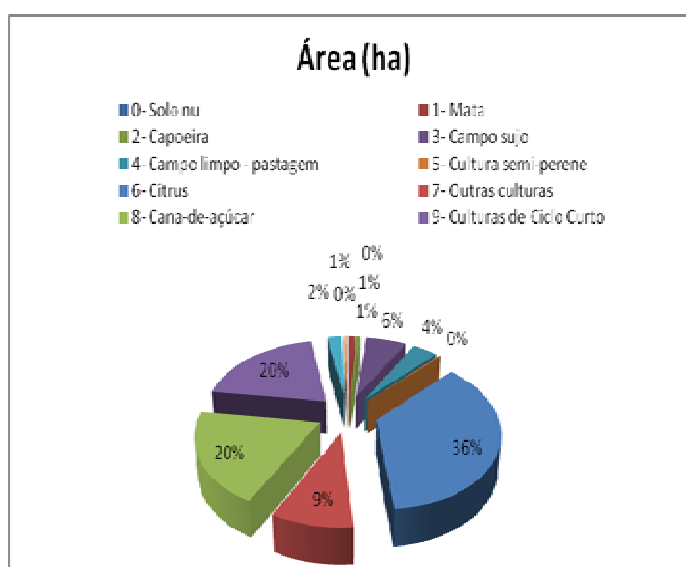


Figura 16. Uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./ 1983.

Tabela 6. Distribuição dos principais uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./2005.

Uso e Ocupação	Área (ha)
0- Solo nu	0,00
1- Mata	110,43
2- APP	211,45
3- Campo sujo	20,00
4- Campo limpo - pastagem	82,08
5- Cultura semi-perene	5,00
6- Citrus	63,74
7- Outras culturas	0,51
8- Cana-de-açúcar	1446,00
9- Culturas de Ciclo Curto	35,00
10- Várzea não cultivada	45,33
AU- Área urbana	7,65
Benfeitorias	2,25
Total	2039,44

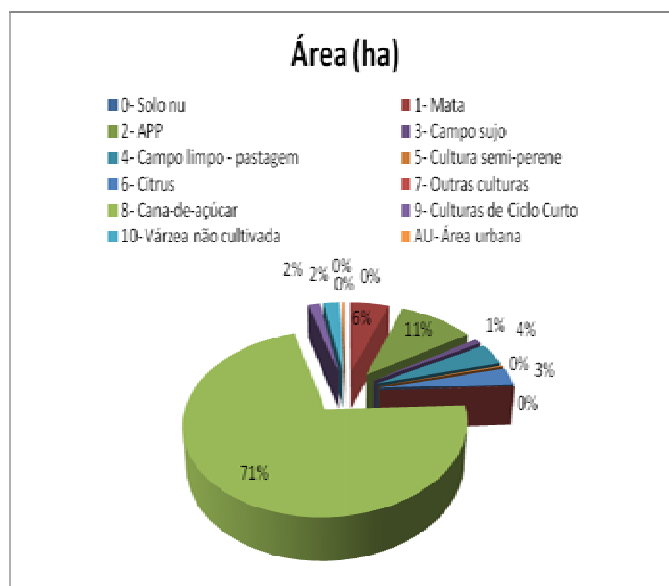


Figura 18. Uso e ocupação do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P./ 2005.

A cultura de citros se apresentava com maior expressão em áreas mais acidentadas associadas com a presença dos Argissolos e a lavoura canavieira estava concentrada em áreas com relevo mais suave. Atualmente, tendo em vista a vantagem econômica apresentada pela cultura da cana-de-açúcar e a proximidade de algumas usinas de açúcar e álcool, esta cultura está ocupando o espaço que outrora era ocupada por outras culturas, destacando-se a citrícola.

Outro fato importante é o aumento na área de fragmentos florestas (mata) no decorrer do período de 1983 a 2000, de 20,2ha (1%) da área total para 85,95ha (4%), e as áreas de várzea que se apresentavam em 45,3ha (2%) da área total em 1983, 117,9ha (6%) em 2000 e 211,41ha em 2005. Provavelmente ocorreu um abandono nas áreas de preservação e as áreas que outrora eram de formação de capoeira, 15,93ha (1%) se transformaram em áreas mais fechadas, caracterizando áreas de mata.

Embora sejam áreas de preservação permanente, protegidas por legislação estadual e federal Barbosa (1990), as matas ciliares, áreas de várzea e fragmentos florestais de encostas vêm sofrendo alterações significativas desde 1850. As intensas e desordenadas devastações estão levando ao desaparecimento de diversas espécies vegetais de importância ecológica e comercial, com sério comprometimento do seu potencial genético.

A mata ciliar é a vegetação que protege as margens da rede de drenagem, composta por córregos e lagos. Em trabalhos em campo confirmam-se áreas recuperadas com reflorestamentos com espécies nativas, principalmente nas áreas de proteção ao longo dos córregos e nas nascentes dos córregos da Fazenda Glória. Denota-se, também que na microbacia hidrográfica alguns proprietários possuem maior conscientização ambiental, no sentido de preservar as matas ciliares e melhorar a qualidade de vida no município.

As pastagens são, em sua maioria, naturais, com gramíneas como *Aristida* sp e *Andropogon* sp. e capim *Brachiaria decumbens*. O manejo não inclui subdivisão de pasto, ocorrendo superpastoreio, presença de invasores e redução de capacidade de suporte. Ocorre erosão laminar. Não ocorre recuperação ou adubação de pastagens. Observa-se o carreamento de sedimentos e matéria orgânica para os cursos d'água.

2. Caracterização da Água das Microbacias Hidrográficas

A qualidade do recurso hídrico em aspectos físicos e químicos é derivada, principalmente, da infiltração das águas no solo e pela localização dessas águas na formação litológica e sua exposição à superfície, e a matéria orgânica em geral.

Para tanto, foram analisados os dados das variáveis climatológicas registradas a partir de setembro de 2006 até agosto de 2007, e em algumas partes da discussão dos dados que antecederam cada campanha de amostragem.

Os resultados indicam o processo de conhecimento adquirido nas coletas e análises das variáveis no intuito de comparar a diferença entre duas principais condições ambientais que resultam da implantação do sistema agrícola e na preservação dos recursos naturais.

Na Figura 19, observa-se a distribuição mensal da precipitação pluviométrica e da temperatura na região durante o período de estudo, registrado pela Coopercitrus (Cooperativa de Cafeicultores e Citricultores do Estado de São Paulo).

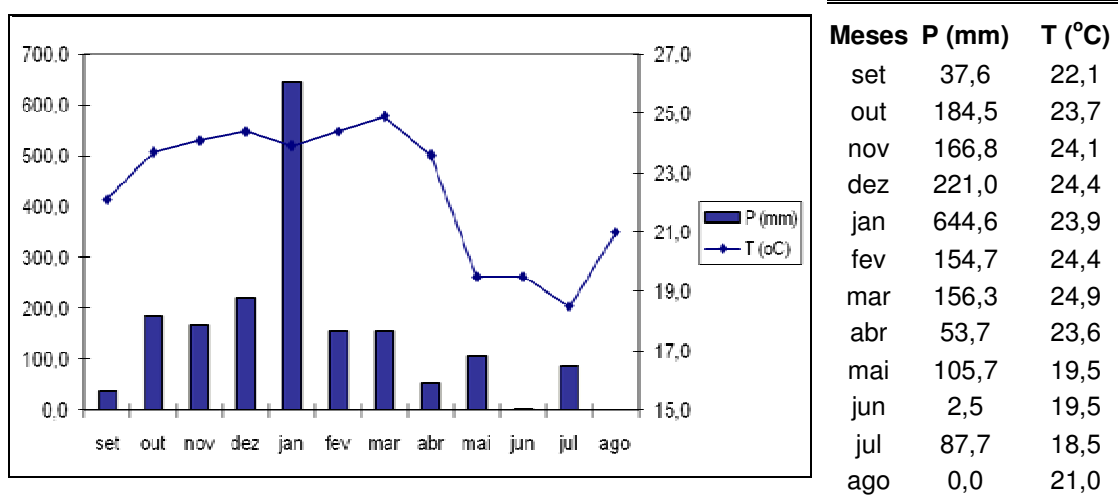


Figura 19. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar na região de Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Set/06-Ago/07).
Fonte: Coopercitrus.

A precipitação média anual foi de 1815,1mm. A distribuição seguiu um padrão, com maior precipitação na época de verão e menor no inverno, variando de 0 mm em agosto e 644,6 mm em janeiro.

A distribuição da temperatura apresentou temperaturas mais baixas no inverno e mais altas no verão, com a mínima de 18,5° C em julho e máxima de 24,9° C em março.

Os valores obtidos para a caracterização das variáveis físicas do recurso hídrico (temperatura, turbidez, odor e cor aparente) na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: ago/06 - ago/07), são apresentados na Tabela 7 e nas Figuras 20, 21, 22 e 23).

Tabela 7. Caracterização das variáveis físicas do recurso hídrico no período de estudo.

Microbacia Hidrográfica	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Odor	Cor aparente (Pt Co)
M1	19,75ab	2,81b	A	43,12a
M2	20,93ab	6,95b	A	42,52a
M3	19,98ab	48,42a	A	48,70a
M4	22,28a	6,21b	A	48,50a
F1	17,78b	6,17b	A	47,22a
Média	20,15	14,11		46,01
Máximo	22,28	48,42		48,70
Mínimo	17,78	2,81		42,52
DP	1,480	17,215		2,664
CV(%)	7,345	121,997		5,788

D.P.: desvio padrão; C.V.: coeficiente de variação; A: ausente.

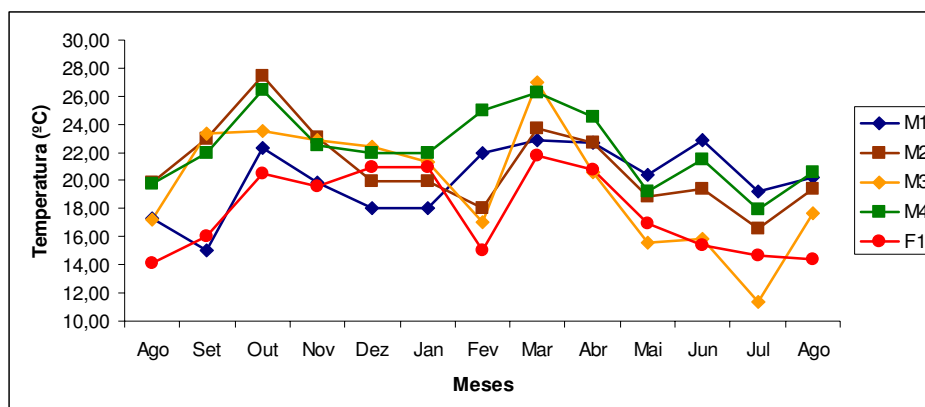


Figura 20. Variação da temperatura da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, SP., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A temperatura apresentou-se como parte do regime climático normal, com uma variação sazonal. De maneira geral, o valor médio verificado na microbacia hidrográfica M1, com a proteção da vegetação ciliar, foi menor e com menor variabilidade do que nas microbacias hidrográficas M2, M3 e M4. De acordo com BRANCO (1986) e CETESB (2005), a temperatura desempenha um papel fundamental de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físicas e químicas.

Nas microbacias hidrográficas M2 e M3, a temperatura da água apresentou maior variabilidade, tendo em vista a incidência direta de raios solares no recurso hídrico e a menor proteção vegetal. No mês de fevereiro ocorreu uma queda acentuada dos valores de temperatura da água nestas microbacias, quando comparados aos valores observados nas microbacias hidrográficas M1 e M4. Possivelmente devido à nebulosidade do tempo que impediu a incidência direta dos raios solares e tendo em vista a precipitação constante durante todo o período mensal, MOLINA (2006).

Outro fator, quando a temperatura do corpo hídrico é mais elevada indica interferência antrópica, TUNDISI (2003). Assim, pode-se inferir que, a ausência de áreas de mata pode contribuir para tal comportamento e a proteção ao redor do recurso hídrico é menor. A presença da mata tende a manter a temperatura constante, pois há

menor incidência de radiação solar no recurso hídrico, ARCOVA & CICCIO (1999). Comportamento semelhante foi observado em trabalhos desenvolvidos por CARVALHO et al. (2000); LEONARDO (2003) e MOLINA (2006).

A turbidez das amostras de água das microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude (Figura 21) foi diferente entre as áreas estudadas, ocorrendo valores bem mais altos nas microbacias M2 e M3, refletindo também no estado de maior atuação antrópica na área da microbacia hidrográfica.

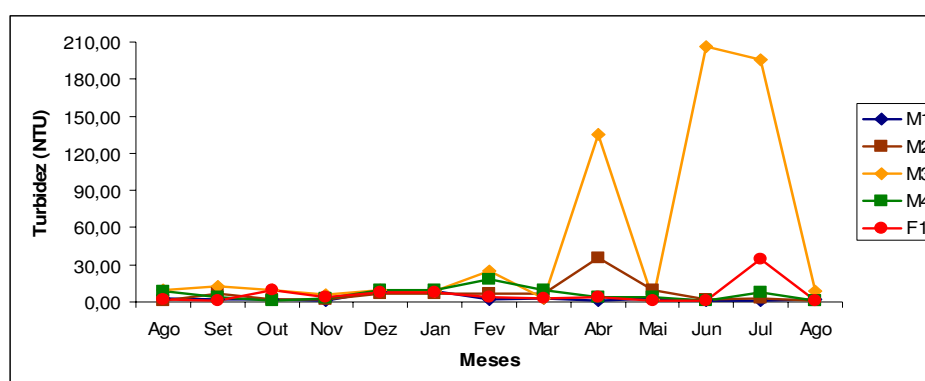


Figura 21. Variação da turbidez da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

Os maiores valores foram encontrados na microbacia hidrográfica M3 nos meses de abril, junho e julho. Pode-se inferir que, estes resultados ocorreram tendo em vista o manejo do solo na colheita e reforma de canavial que foi observado neste período de coleta. A foz (F1) apresentou um valor mais elevado no mês de julho, o que pode ser explicado pelo arraste de partículas de toda a área das microbacias hidrográficas, contribuindo para uma concentração maior neste ponto de amostragem.

Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro, CAMARA (1999); ARCOVA & CICCIO (1999); CARVALHO et al. (2000); PATEMIANI & PINTO (2001); CETESB (2005); MOLINA (2006); KUMMER et al. (2007).

Não foi verificado odor nas amostras coletadas (Figura 22), sendo, portanto, o recurso hídrico no período estudado ausente (A) de odor.

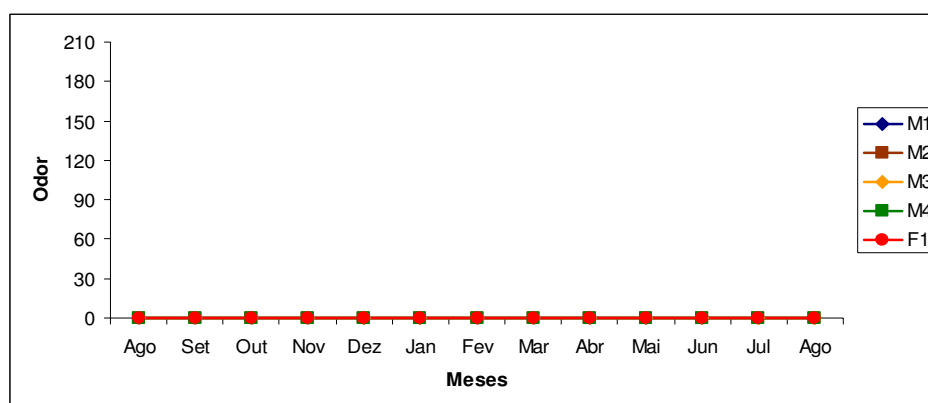


Figura 22. Variação do odor da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O recurso hídrico das microbacias hidrográficas monitoradas apresentou maiores valores de cor aparente nos meses de novembro e dezembro de 2006 e janeiro de 2007, o que infere a presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico, semelhante observado por MOLINA (2006). A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos suspensos. Sendo assim, as microbacias hidrográficas caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em suspensão (Figura 23).

No mês de junho a microbacia hidrográfica M3, apresentou alta concentração no valor da cor aparente, como foi observado também para o mesmo mês a variável turbidez. Outro problema é a coloração na água, em geral, esteticamente causa um efeito repulsivo aos consumidores, PATEMIANI & PINTO (2001); CETESB (2005).

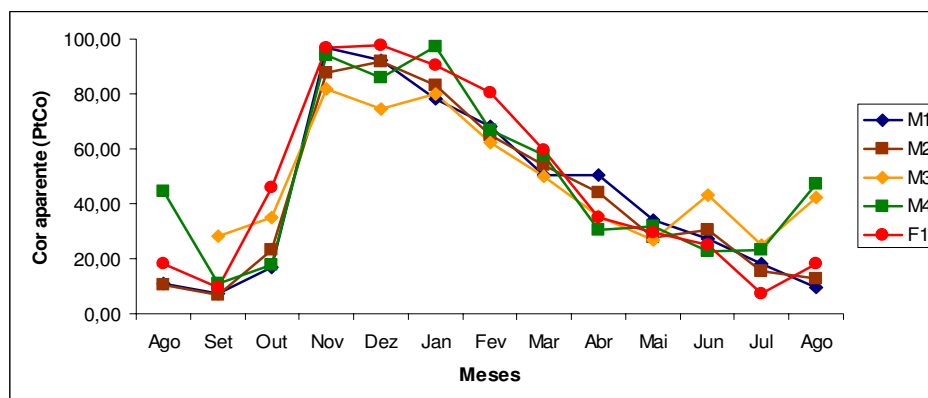


Figura 23. Variação da cor aparente da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A caracterização química do recurso hídrico na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07), é apresentada nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8. Caracterização das variáveis químicas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), fósforo, dureza, nitrogênio total, nitrito e nitrato) do recurso hídrico (Período: Set/06-Ago/07).

Microbacia Hidrográfica	Ph	OD (mg/L)	ConEle (µS/ cm)	STD (ppm)	Fósforo (mh/L)	Dureza (mgCaCO ₃ /l)	Ntotal (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)
M1	6,57a	5,72a	0,07cb	40,6bc	0,92a	31,58ab	0,97b	0,04a	0,94a
M2	6,93a	5,33a	0,11a	54,15b	0,47a	45,75a	2,75b	0,02a	0,08a
M3	7,25a	5,11a	0,12a	95,85a	0,71a	50,08a	7,87a	0,05a	0,10a
M4	6,42a	5,32a	0,04c	16,31c	0,86a	14,54b	1,28b	0,01a	0,79a
F1	7,15a	5,51a	0,11ab	50,69b	0,97a	48,02a	1,81b	0,01a	0,18a
Média	6,86	5,39	0,09	51,52	0,78	37,99	2,93	0,02	0,42
Máximo	7,25	5,72	0,12	95,85	0,97	50,08	7,87	0,05	0,94
Mínimo	6,42	5,11	0,04	16,31	0,47	14,54	0,97	0,01	0,08
DP	0,322	0,205	0,030	25,812	0,181	13,401	2,541	0,015	0,370
CV(%)	4,688	3,796	32,767	50,098	23,022	35,273	86,600	62,603	88,047

Tabela 9. Caracterização das variáveis químicas (amônia, cloreto, Zn, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe, K, e DQO) do recurso hídrico no período de estudo (Período: Set/06-Ago/07).

Microbacia Hidrográfica	Amônia	Cloreto	Zn	Ca	Mg	Mn	Cu	Fe	K	DQO
M1	0,17a	13,44a	0,01a	7,77ab	1,61a	0,02b	0,00a	0,33c	2,21a	123,30a
M2	0,22a	11,14a	0,02a	7,70ab	2,27a	0,02b	0,00a	1,15ab	1,95a	114,59a
M3	0,22a	12,84a	0,01a	8,38ab	2,31a	0,00b	0,00a	0,43cb	1,25ab	99,93a
M4	0,30a	11,49a	0,02a	5,23b	1,54a	0,09ab	0,00a	1,04cb	1,96a	127,95a
F1	0,24a	9,32a	0,02a	10,42a	2,96a	0,18a	0,00a	1,31a	0,73b	140,26a
Média	0,23	11,65	0,02	7,90	2,14	0,06	0,00	0,85	1,62	121,21
Máximo	0,30	13,44	0,02	10,42	2,96	0,18	0,00	1,31	2,21	140,26
Mínimo	0,17	9,32	0,01	5,23	1,54	0,00	0,00	0,33	0,73	99,93
DP	0,043	1,438	0,005	1,660	0,522	0,065	0,000	0,396	0,548	13,485
CV(%)	18,633	12,347	28,412	21,00	24,40	107,93	0,00	46,559	33,807	11,126

Os valores pH (Figura 24) indicam a intensidade de acidez ou de alcalinidade. Nos períodos de maior precipitação ocorreu uma redução do pH, o mesmo observado por MOLINA (2006), VANZELA (2004); CONTE & LEOPOLDO (2001).

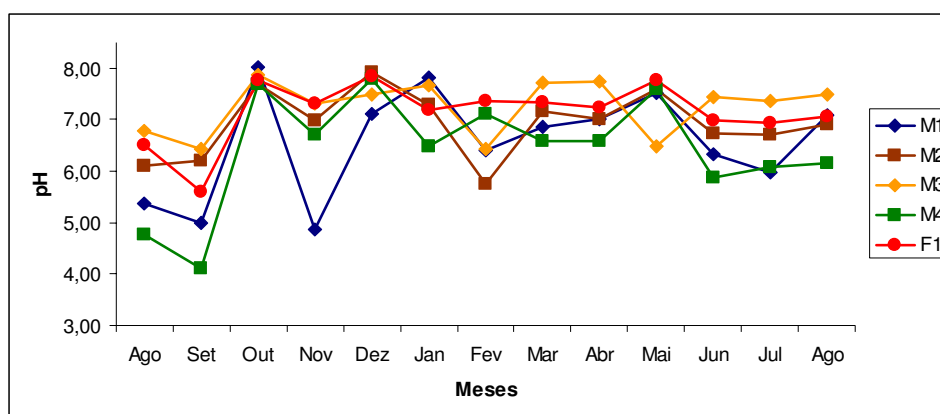


Figura 24. Variação do pH da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O pH do recurso hídrico pode ser alterado pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pela lixiviação de rochas e da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes, CONTE & LEOPOLDO (2001), o que pode ser observado nos meses de preparo do solo, onde obteve-se maior variação do pH (novembro, fevereiro e junho). De acordo com a CETESB (2005), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies.

No processo de oxidação da matéria orgânica pelos microorganismos aeróbios, com a liberação de CO_2 em água ocorre um aumento na concentração de ácido carbônico, resultando em redução nos valores de pH, o que é observado nos meses (setembro, novembro e fevereiro). Um fator que pode ter contribuído para o aumento do pH (outubro, dezembro, janeiro e maio) é a proliferação de algas, promove a assimilação de gás carbônico do meio pelo processo fotossintético, reduzindo assim a concentração de gás carbônico na água.

Uma das características mais importantes da água é a capacidade de solubilização de gases, especialmente o oxigênio, cujas concentrações influem decisivamente no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, em suas comunidades e no balanço de vários nutrientes.

A determinação do Oxigênio Dissolvido (OD) proporciona informações sobre as reações bioquímicas e biológicas que ocorrem na água, além de indicar a capacidade dos corpos de água em promover a sua autodepuração, BRANCO (1986); PATEMIANI & PINTO (2001).

Constatou-se nesse estudo que a redução nos valores de OD (Figura 25) para os meses do período seco, pode ser explicada pelo “arraste” de matéria orgânica para o interior dos cursos d’água e favorecimento do desenvolvimento das algas, o que pode ser observado pelo aumento dos valores de turbidez e sólidos totais. O Oxigênio Dissolvido, juntamente com o pH, tem sido apontado como a principal variável na avaliação dos corpos de água, CONTE & LEOPOLDO (2001).

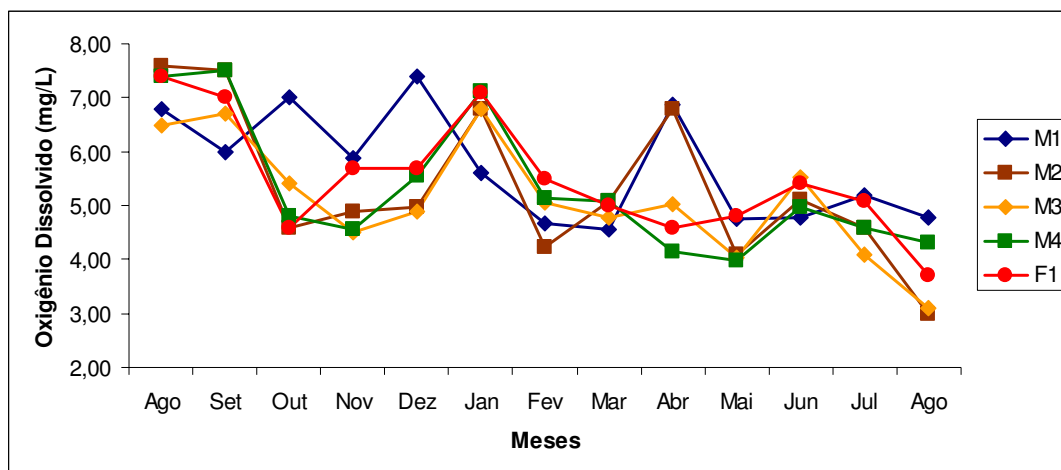


Figura 25. Variação do oxigênio dissolvido da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A concentração do oxigênio dissolvido na água varia em função da temperatura, da altitude e da aeração da água. Aliado a este fato, a baixa concentração de sólidos, com conseqüente aumento da transparência da água, favorece a proliferação de algas, que pelo processo de fotossíntese liberam oxigênio, promovendo o aumento em suas concentrações, como observado também em estudo de VANZELA (2004).

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente pelo conteúdo de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto, ESTEVES (1988).

Os maiores valores foram observados (Figura 26) nas microbacias M2 e M3, dependem das concentrações iônicas e da temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na água, e, portanto, representando uma medida indireta da concentração de poluentes. LOPES (2007) observa que a drenagem e lavagem dos sais da bacia promovem elevação nos valores de condutividade elétrica.

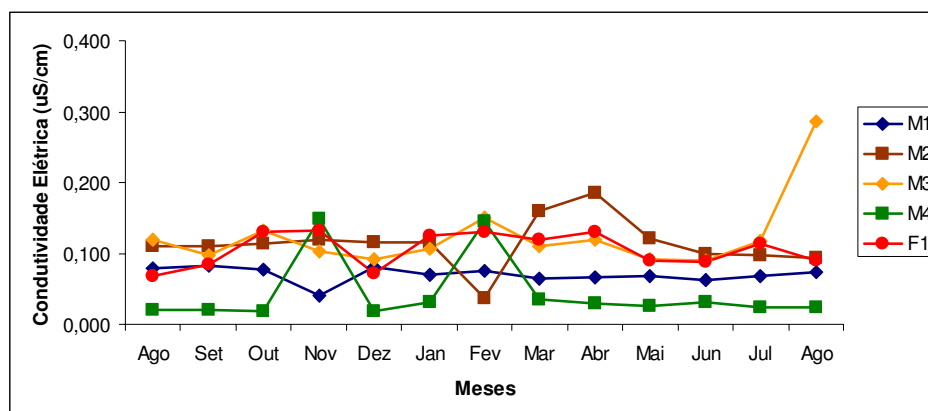


Figura 26. Variação da condutividade elétrica da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A condutividade elétrica também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade elétrica da água aumenta, ARCOVA (1996); CETESB (2005).

Durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, a concentração de sais dissolvidos se torna maior, ocasionando um aumento da condutividade elétrica, como pode ser observado no mês de agosto na microbacia hidrográfica M3, com o predomínio da cultura da cana de açúcar no seu entorno.

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos, PORTO et al. (1991), que em águas naturais, origina-se, do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas. É a soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água. Os sólidos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. A salinidade também está incluída como sólidos dissolvidos totais.

Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão, e para águas de irrigação podem ocorrer graves problemas de salinização do solo. Quanto aos sólidos em suspensão, estes aumentam a turbidez

prejudicando aspectos estéticos da água e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração de luz.

Um indicativo da funcionalidade da vegetação ripária pode ser observado nos pontos de coleta da microbacia hidrográfica M1 e M4 (Figura 27), pelas menores médias apresentadas durante todo o período. Um pico na microbacia hidrográfica M1 no mês de março pode estar relacionado com a diminuição do volume de água, ocasionando uma concentração de sólidos, provocando seu aumento no valor.

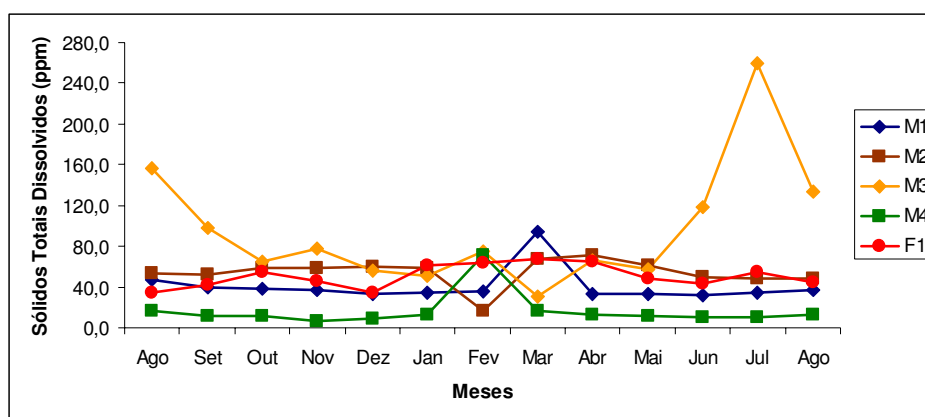


Figura 27. Variação dos sólidos totais dissolvidos da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A Foz (F1) apresentou um valor relativamente constante ao longo do período que pode ser explicado devido ao volume de água e a possível diluição dos sólidos.

Na microbacia hidrográfica M3 pode-se observar a grande variação das concentrações, já que nestes locais não ocorre proteção do recurso hídrico por vegetação nativa. O curso de água recebe diretamente todo o arraste de partículas da área drenada. O aumento de concentração de STD e da turbidez, na microbacia M3, no mês de junho, julho pode ser explicado pelo período de colheita de cana de açúcar na área, um indicativo da atividade agrícola.

O fósforo nas águas de bacias hidrográficas florestadas resulta principalmente da lixiviação do solo e da rocha e da decomposição da matéria orgânica.

Na água, ele pode ser encontrado na forma orgânica ou inorgânica. A fertilização por adubos pode contribuir para a elevação do fósforo.

No período das chuvas ocorre o arraste das partículas para o curso d'água e há menores valores de concentração de fósforo (Figura 28). No período de seca há menor volume de água e maior concentração de fósforo. Relacionando com pH acima de 6,0, o fósforo é liberado para a solução do solo, ocorrendo um aumento da concentração no recurso hídrico neste período, SHARPLEY et al. (1975).

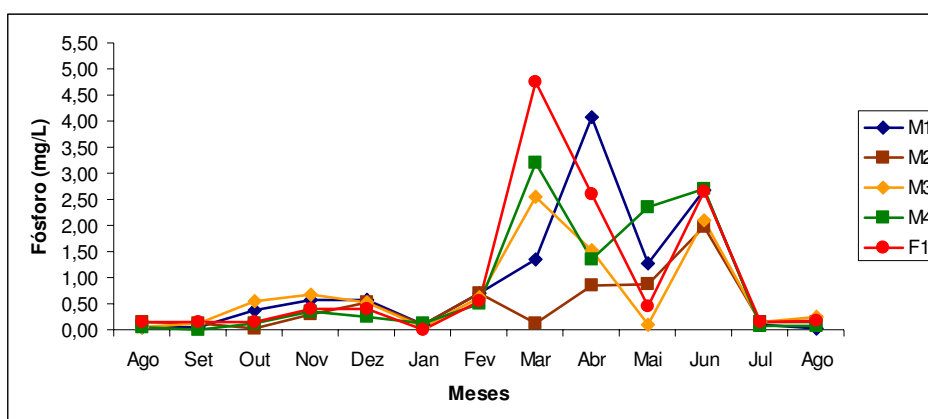


Figura 28. Variação do fósforo da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

CUNHA & GUERRA (2003) afirma que somente as características naturais da bacia hidrográfica, através da topografia, geologia, solos e clima, já podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais.

Como o fósforo pode ser oriundo de adubos, da decomposição de matérias orgânicas, de detergentes, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas, verificou-se que no período de maior concentração deste elemento estava ocorrendo movimentação com práticas agrícolas, como plantio e adubação da cana-de-açúcar na vertente das microbacias, semelhantes ao observado por PELEGRINNI (2005).

Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes, alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza. Dureza é uma variável característica da água de abastecimento industrial e doméstico sendo que do ponto de vista da potabilização são admitidos valores limites. Em situações específicas convém conhecer-se as durezas devidas ao cálcio e ao magnésio, individualmente. Este é o caso do processo cal-soda de abrandamento de água no qual tem-se a necessidade de conhecer a fração da dureza de magnésio para estimar a demanda de cal.

A dureza total é a concentração de todos os cátions divalentes na água, sendo o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}) os cátions mais comuns em quase todos os sistemas de água doce. Esta variável influencia no crescimento do fitoplâncton na água e, além disto, o Ca^{2+} é essencial para vários processos biológicos, entre outras funções celulares.

A dureza total variou durante o período analisado (Figura 29), pode-se observar que nos meses de fevereiro, março e junho nas microbacias hidrográficas M1, M3 e M4, respectivamente, houve altas concentrações, provavelmente, devido à precipitação pluviométrica levando com a água maiores quantidades de íons cálcio e magnésio do solo. Os altos valores de dureza da água devem-se também ao fato, provavelmente, da aplicação de calcário para adubação, realizada nas áreas de cultura de cana de açúcar, como pode ser observado nas microbacia hidrográfica M3. A dureza pode mudar com o tempo, geralmente semanas ou meses, dependendo do pH e do conteúdo mineral da água e do solo.

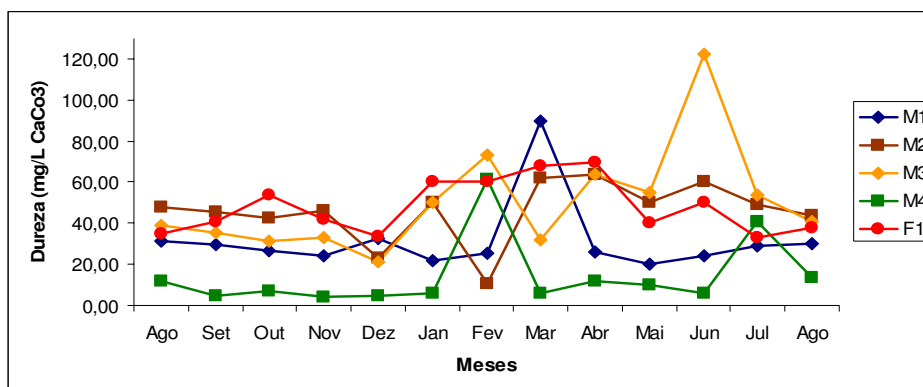


Figura 29. Variação da dureza total da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato.

A maior concentração de nitrogênio total (Figura 30) foi na microbacia M3, podendo ter sido ocasionado ao carreamento de materiais sólidos. No período seco (junho) a concentração de nitrogênio foi reduzida, semelhante ao trabalho de MOLINA (2006). Ocorreu aumento da concentração no mês de julho nas microbacias M2 e M3. Nas áreas à jusante (foz) a concentração é menor. Segundo MOLINA (2006), este fato é devido à sedimentação e diluição da concentração deste nutriente nestas áreas de maior volume de água. Na microbacia hidrográfica M1, observa-se baixos e constantes valores de concentração de nitrogênio total durante o período analisado, fato que pode ser explicado pela proteção do recurso hídrico por vegetação nativa em seu entorno.

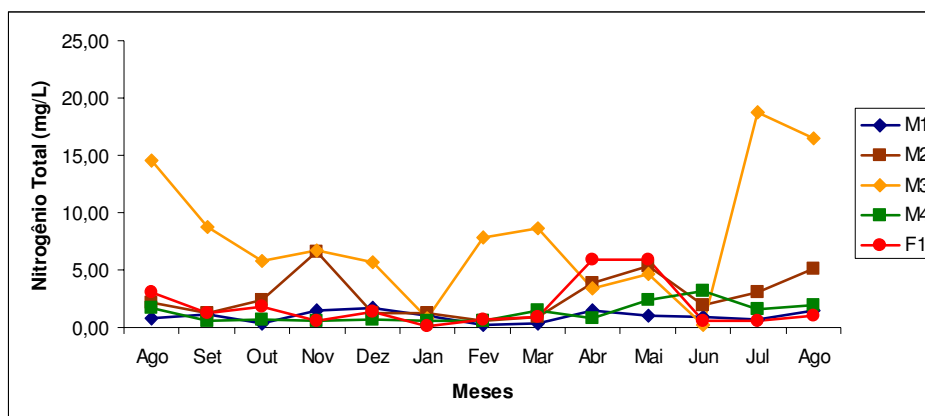


Figura 30. Variação do nitrogênio total da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O nitrito é a forma intermediária de oxidação entre a amônia e o íon nitrato no ciclo do nitrogênio. A velocidade de regeneração do nitrato à forma de amônio é geralmente menor do que a de assimilação pelos produtores primários, resultando em baixas concentrações destes nutrientes. Em baixas concentrações de oxigênio, o nitrato pode ser reduzido a nitrito elevando assim as concentrações deste no ambiente, AMINOT & CHAUSSEPIED (1996). Este fato pode explicar o que foi verificado no presente estudo. Os altos valores na concentração de nitrito (Figura 31) nas microbacias hidrográficas (M1, M2 e M3) deve-se ao fato de ocorrer nos meses novembro, março e julho baixa concentração de oxigênio.

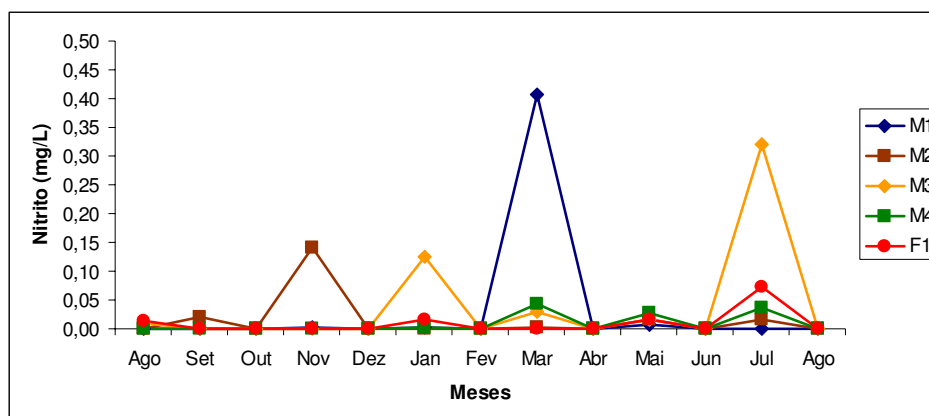


Figura 31. Variação do nitrito da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A forma mais estável do nitrogênio em solução aquosa é o nitrato. A produção de nitrato resulta da oxidação enzimática do amônio, tendo o nitrito como intermediário. No processo fotossintético, o amônio é a forma diretamente assimilável pelo organismo, enquanto que o nitrato deve passar, obrigatoriamente, à forma amônio dentro da célula.

Observa-se no conjunto de dados (Figura 32) que ocorreu altas concentrações de nitrato nas microbacias hidrográficas M1 e M4, nos meses de março e julho, fato que pode ser explicado pela drenagem de solos e resíduos de animais e plantas. Ressalta-se que as microbacias hidrográficas M1 e M4 possuem no entorno das nascentes com vegetação nativa explicando o fato de o íon nitrato ser a forma mais comum do nitrogênio encontrado nas águas naturais. Na microbacia hidrográfica M4, a água encontra-se represada, o que pode altas concentrações de nitrato afetar o nível de oxigênio dissolvido, temperatura e passagem de luz, com reflexos negativos na vida aquática, EMBRAPA (2002).

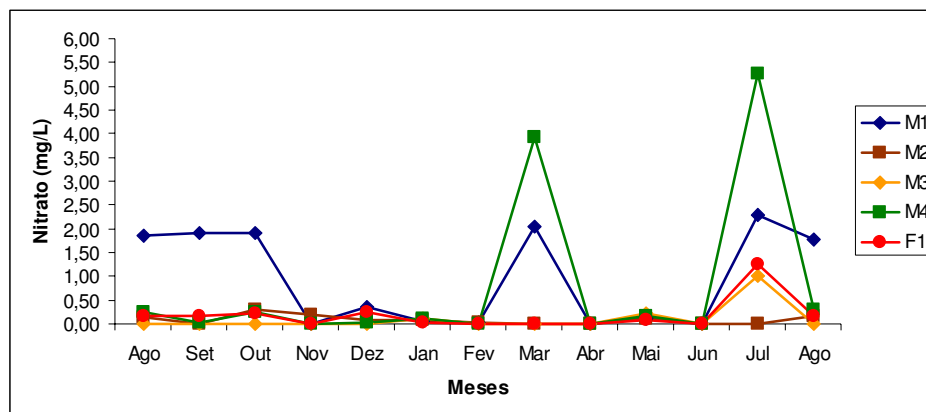


Figura 32. Variação do nitrato da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A amônia é um gás de ocorrência natural nos corpos hídricos e é originária da degradação de compostos orgânicos ou de fertilizantes como a uréia, AMORIM & FERREIRA (1999).

A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidado biologicamente. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante variável de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

Nos dados (Figura 33) podem ser observados um aumento de concentração de amônia nas microbacias hidrográficas nos meses de abril e junho, que pode ser explicado pelo fato de que nos animais e vegetais, o nitrogênio se encontra na forma orgânica, mas em contato com a água, rapidamente, transforma-se em nitrogênio amoniacal e também pelo arraste de partículas do solo no período de colheita e reforma de canavial realizado na área de estudo. A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição.

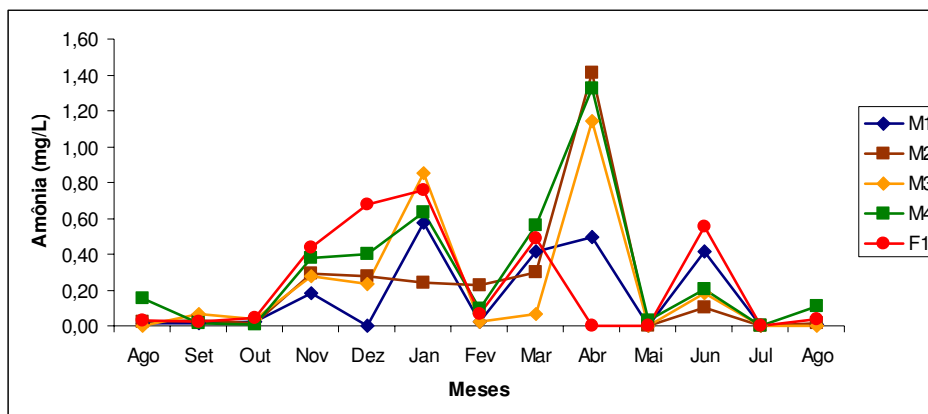


Figura 33. Variação da amônia da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas superficiais através de solos e rochas. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

O conjunto de sais dissolvidos na água (cloreto, bicarbonatos, sulfatos e outros em menor proporção) forma o conjunto dos sólidos dissolvidos totais na água.

No período de estudo (Figura 34) verificou-se altas concentrações de cloreto nas microbacias hidrográficas selecionadas e na foz, no mês de novembro, o que pode ter ocorrido devido ao arraste de partículas do solo.

Os íons presentes no recurso hídrico podem ter origem natural oriunda da dissolução ou intemperização lenta das rochas e solo, ANDRADE et al. (2003).

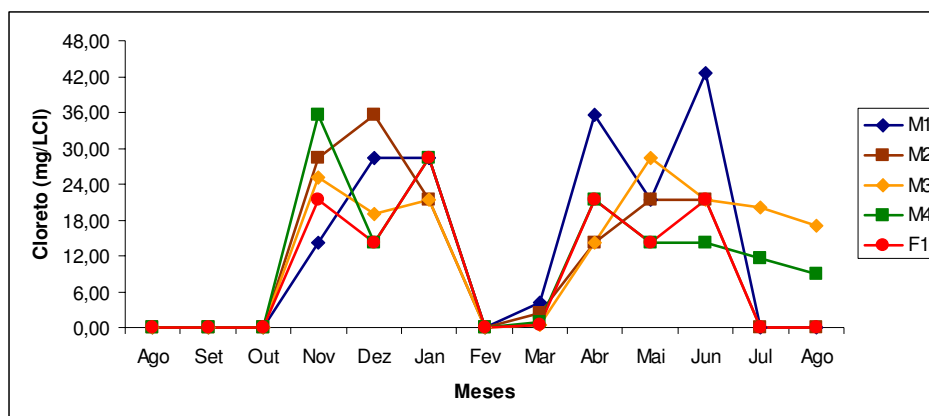


Figura 34. Variação de cloreto da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

Os metais como Zn, Mn e Cu em concentrações traço são importantes para as funções fisiológicas de organismos e para a regularização de muitos processos bioquímicos. Porém, o mesmo metal lançado em corpos da água em altas concentrações pode ter efeito toxicológico severos aos organismos que vivem e/ou aos que se suprem desse corpo hídrico. A toxicidade dos metais na água depende do grau de oxidação do íon metal determinado junto com as formas nas quais ocorre. Ultimamente, devido ao crescimento populacional e à intensificação de atividades humanas que envolvem estes elementos, a concentração de metais tem aumentado de forma generalizada nos corpos de água em níveis que ameaçam a biota aquática e também dos organismos terrestres.

O zinco é considerado como um dos elementos essenciais à saúde humana, mas também pode chegar a ser tóxico, dependendo da concentração. O zinco (Figura 35), no período das secas, foi detectado nas microbacias hidrográficas M2, M4 e foz (F1), possivelmente devido a uma maior concentração do metal no período.

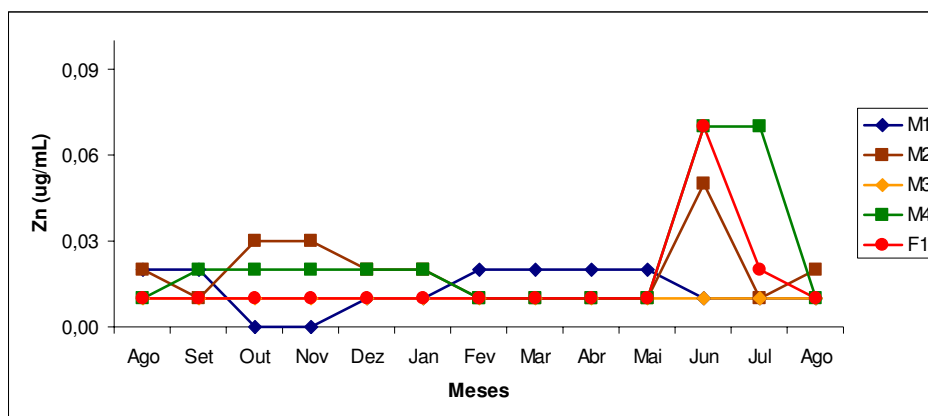


Figura 35. Variação de Zn da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O manganês é um elemento muito freqüente na superfície da terra. Consequentemente seus compostos são encontrados em todos os corpos hídricos, mesmo que em concentrações muito reduzidas. É um micronutriente indispensável ao metabolismo dos seres vivos.

Pelos dados apresentados (Figura 36) observa-se que o elemento Mn apresentou uma alta concentração na foz (F1) durante os meses de novembro, dezembro e janeiro possivelmente devido a um transporte pelas chuvas de toda a área drenada. A poluição dos recursos hídricos por metais resultantes das atividades antrópicas esta causando sérios problemas ecológicos. Essa situação é agravada pela falta de processos de eliminação natural (degradação).

Na microbacia hidrográfica M4, no mês de fevereiro, a alta concentração de Mn é possivelmente devido a ocorrência de chuvas e consequentemente lixiviação do solo.

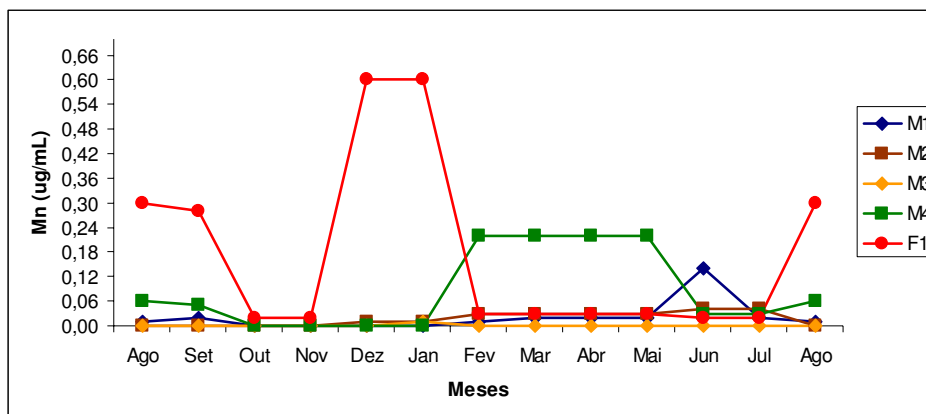


Figura 36. Variação de Mn da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

Como pode ser observado nos dados analisados (Figura 37) não foi encontrado Cu no recurso hídrico em nenhuma microbacia hidrográfica estudada. Como há presença de carbono orgânico solúvel na água e de argilominerais em suspensão, a maior parte desses metais pode estar adsorvida ou complexada, STUMM & MORGAN (1996).

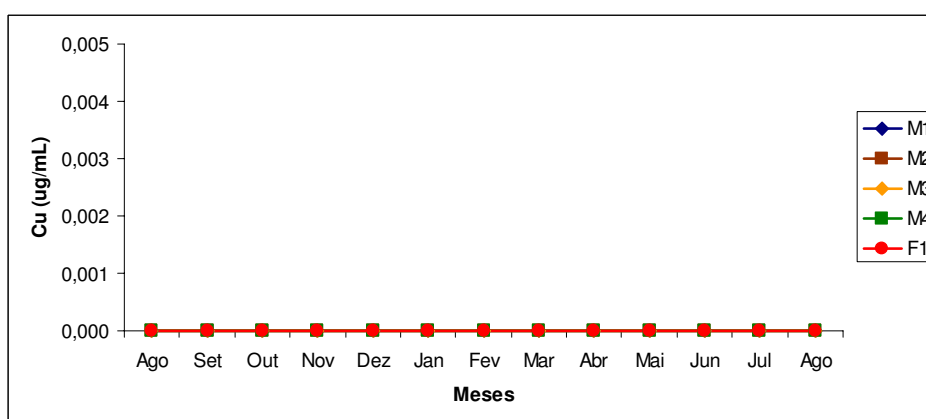


Figura 37. Variação de Cu da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

O cálcio é o principal cátion encontrado nas águas naturais, pois praticamente todas as rochas agem como fontes deste elemento. Os componentes do Ca são estáveis quando o dióxido de carbono está presente, mas os níveis de Ca podem diminuir quando o carbonato de cálcio precipita por causa de um aumento na temperatura, atividade fotossintética ou perda do dióxido de carbono por causa de aumentos na pressão.

O cálcio apresentou grandes variações ao longo do período analisado nas microbacias hidrográficas.

Meses de maior pluviosidade apresentaram aumento nas concentrações metálicas, provavelmente, em função das características do solo e carreamento intenso de partículas para o sistema aquático, como observado nos meses de fevereiro e março. Nas microbacias hidrográficas M3 e M4, (Figura 38) onde não ocorre proteção do recurso hídrico, observam-se altas concentrações, podendo ser devido aos índices pluviométricos. Pode-se inferir que os aumentos de temperatura ocasionam a precipitação do cálcio, aumentando sua concentração.

As altas concentrações de Ca da foz (F1) deve-se a elevadas disponibilidades desse nutriente no solo e conseqüentemente um arraste para o recurso hídrico de toda a área da microbacia hidrográfica associado às taxas de erosão do solo. O conjunto de dados de uma separação dos meses mais chuvosos e secos para este elemento.

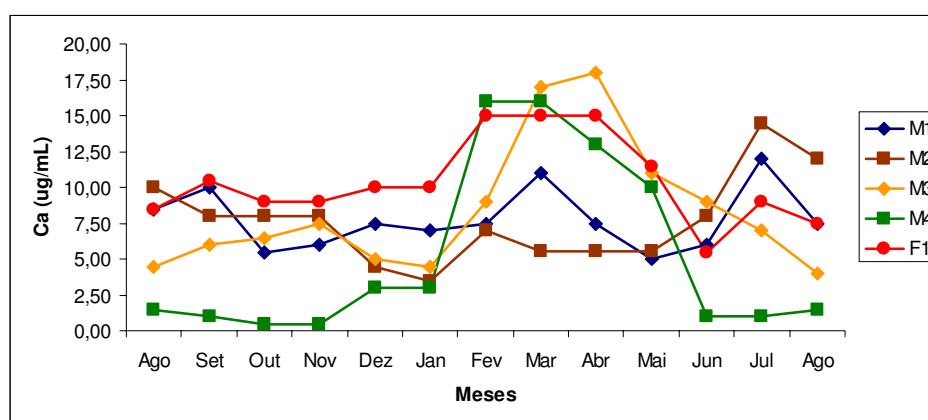


Figura 38. Variação de Ca da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

As principais fontes de magnésio para as águas naturais são os minerais ferro-magnesianos e algumas rochas. Normalmente a concentração de Mg é sempre menor que a do Ca. Assim como o Ca, os sais de Mg contribuem para o fenômeno da dureza da água, MOSCA (2003).

O elemento magnésio possui comportamento (Figura 39) semelhante ao cálcio, como pode ser observado no conjunto de dados. Verifica-se uma separação dos meses chuvosos e secos. Ocorreu na microbacias hidrográficas uma alta concentração nos meses fevereiro e março, devido aos índices pluviométricos e consequentemente um arraste dessas partículas para o recurso hídrico. Na microbacia hidrográfica M1, devido à proteção ciliar, os dados apresentam-se baixos e constantes ao longo do período analisado.

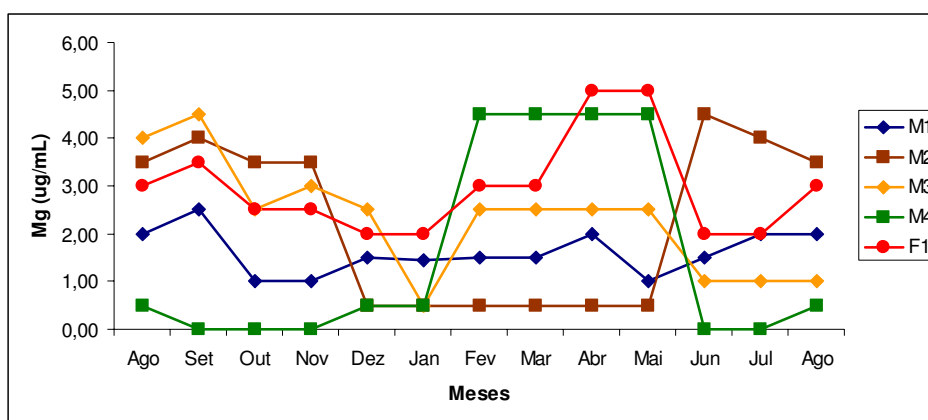


Figura 39. Variação de Mg da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

As concentrações medidas de ferro (Figura 40) sofreram variações, devido a efeitos de armazenamento e os picos do início das chuvas que representa a descarga, seguida por uma queda em função da diluição com o volume de água, MAURO (2003).

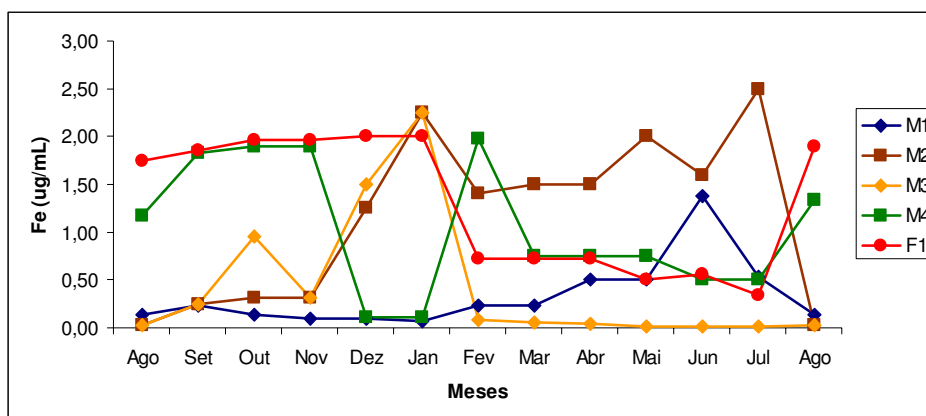


Figura 40. Variação de Fe da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

Os menores resultados observados na microbacia hidrográfica M1, é devido a um armazenamento do elemento no sistema, verificando a eficiência da mata ciliar, quando comparada com as microbacias M2 e M3 que não possui essa proteção do recurso hídrico.

O potássio é um elemento abundante na litosfera, como componente de minerais, e sua concentração é normalmente baixa especialmente devido à alta resistência dos feldspatos ao intemperismo. De qualquer modo, sais de K são amplamente usados nas indústrias e fertilizantes e entra assim nas águas através de descargas indústria se escoamento superficial de terras agricultáveis, MOSCA (2003).

Nos dados apresentados (Figura 41) observa-se uma variação ao longo do período analisado. Na microbacia hidrográfica M3, ocorre um pico no mês de janeiro, possivelmente devido ao manejo na área da cultura de cana de açúcar. O mesmo pode explicar os valores da microbacia hidrográfica M2.

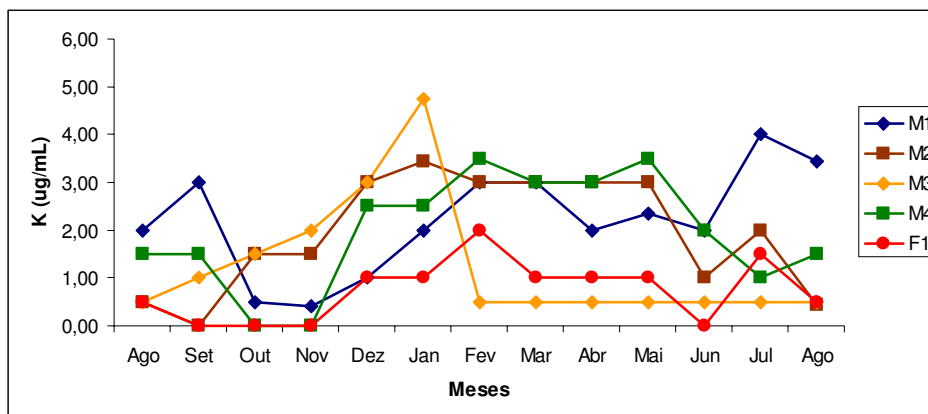


Figura 41. Variação de K da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é outro teste indireto de medida, pelo qual se avalia a quantidade de OD ($\text{mg O}_2/\text{L}$) consumido em meio ácido para degradar a matéria orgânica, biodegradável ou não. Os valores médios observados (Figura 42) foram mais altos nas microbacias M1, M2 e M4. Um valor de DQO alto indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio.

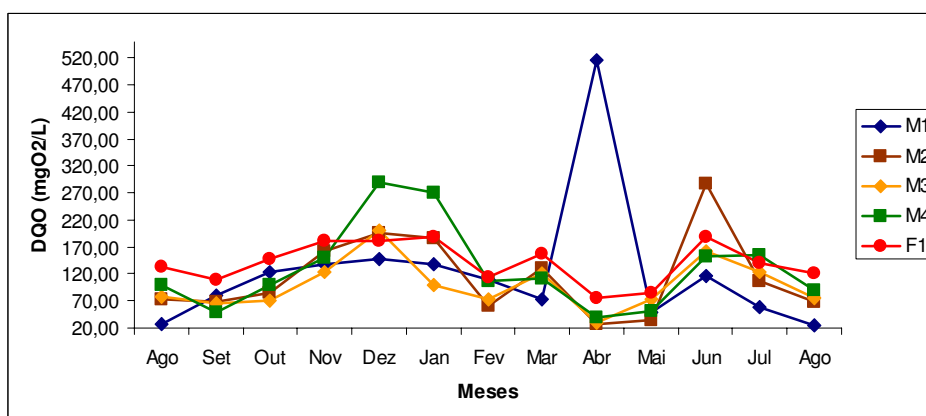


Figura 42. Variação de DQO da água na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P., durante o período de estudo (Ago/06-Ago/07).

3. Caracterização do Solo das Microbacias Hidrográficas

A análise química do solo contempla diversas variáveis, entre eles pH, m.o., P, K, Ca, Mg, H+Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, KIEHL (1979); EMBRAPA (1997) e MARQUES Jr (1995).

As características químicas do solo nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07) são apresentadas nas Tabelas 10 e 11.

Comparando as características químicas do solo, obtidas em cada microbacia hidrográfica, verificou-se que a área experimental tem boa fertilidade, sendo os menores valores encontrados nas microbacias hidrográficas M2 e M3. A menor variabilidade foi observada nos valores obtidos de pH (Figura 43).

O maior teor de matéria orgânica (Figura 44) foi nas microbacias com área de mata, comportamento esperado devido à maior produção e decomposição de matéria orgânica. Os teores de P (Figura 45) foram menor na microbacia hidrográfica M1 e M4 e a maior concentração foi obtida na microbacia hidrográficas M2 e M3, o que pode estar associado à adubação da cana-de-açúcar nesta área.

Tabela 10. Características químicas do solo nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07).

Microbacia	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³
M1							
Média	5,28	23,60	6,40	2,24	44,20	15,20	27,80
Máximo	5,90	28,00	10,00	3,40	70,00	25,00	47,00
Mínimo	4,50	16,00	4,00	1,30	16,00	5,00	16,00
D.P.	0,62	4,36	2,45	0,74	24,78	8,64	13,83
C.V.(%)	11,71	18,47	38,27	32,88	56,07	56,85	49,76
M2							
Média	5,48	11,00	32,80	3,02	19,60	8,40	19,60
Máximo	5,90	13,00	42,00	5,10	25,00	10,00	25,00
Mínimo	5,00	9,00	21,00	2,00	14,00	6,00	15,00
D.P.	0,34	1,58	9,31	1,36	4,45	1,52	3,65
C.V.(%)	6,24	14,37	28,39	44,88	22,70	18,05	18,61
M3							
Média	5,42	11,80	22,00	2,58	24,20	6,60	22,60
Máximo	6,40	14,00	61,00	3,90	44,00	8,00	34,00
Mínimo	4,80	10,00	7,00	1,70	16,00	5,00	12,00
D.P.	0,59	1,79	22,43	0,91	11,23	1,34	7,99
C.V.(%)	10,87	15,16	101,94	35,35	46,42	20,33	35,34
M4							
Média	5,34	22,20	6,80	4,08	39,40	18,60	26,00
Máximo	5,80	28,00	10,00	6,20	60,00	40,00	34,00
Mínimo	4,70	10,00	4,00	1,20	11,00	4,00	20,00
D.P.	0,47	7,56	2,39	1,81	21,70	13,41	7,35
C.V.(%)	8,84	34,07	35,11	44,33	55,07	72,09	28,26
F1							
Média	5,08	17,00	20,00	2,54	18,2	10,00	23,6
Máximo	5,60	24,00	34,00	5,00	30,00	17,00	28,00
Mínimo	4,60	11,00	9,00	1,40	7,00	4,00	18,00
D.P.	0,42	5,43	10,42	1,44	9,88	5,43	3,78
C.V.(%)	8,28	31,95	52,08	56,75	54,31	54,31	16,02

M: microbacia; F: foz; D.P.: desvio padrão; C.V.: coeficiente de variação.

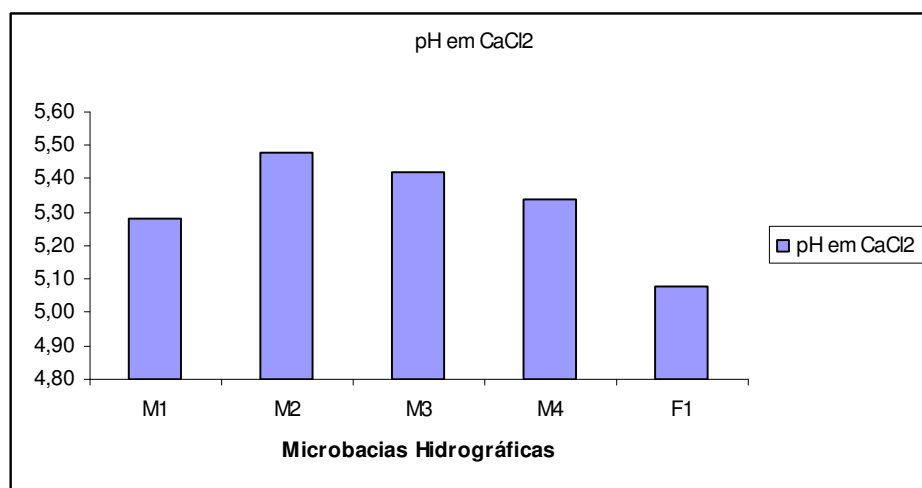


Figura 43. Média dos valores do pH do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

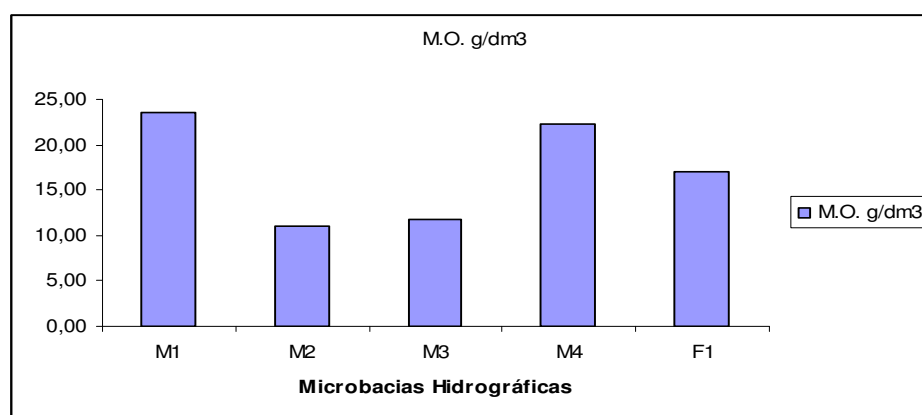


Figura 44. Média dos valores da matéria orgânica do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

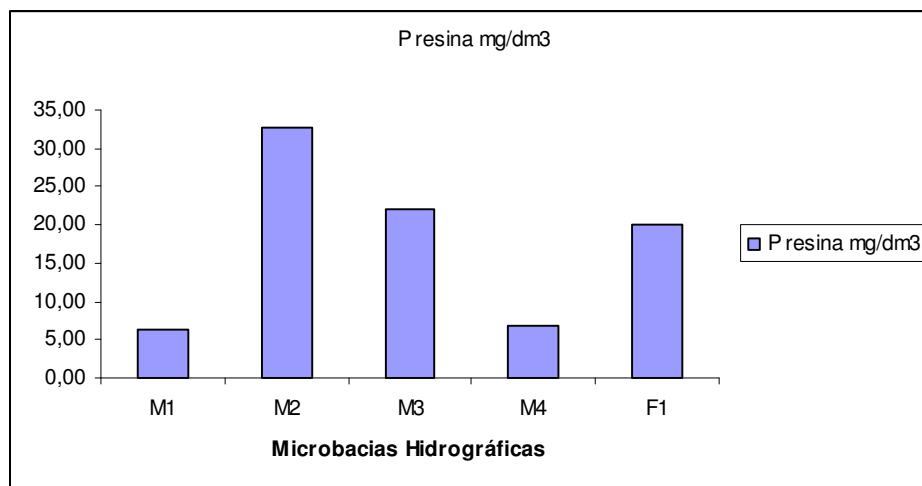


Figura 45. Média dos valores do fósforo do solo nos das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

Quanto a concentração de K, Ca, Mg e H+Al (Figura 46), a microbacia M1 apresentou o maior valor, o que pode ser atribuído à presença de mata e o menor revolvimento do solo considerando a área coletada, a qual foi acima do nível da nascente.

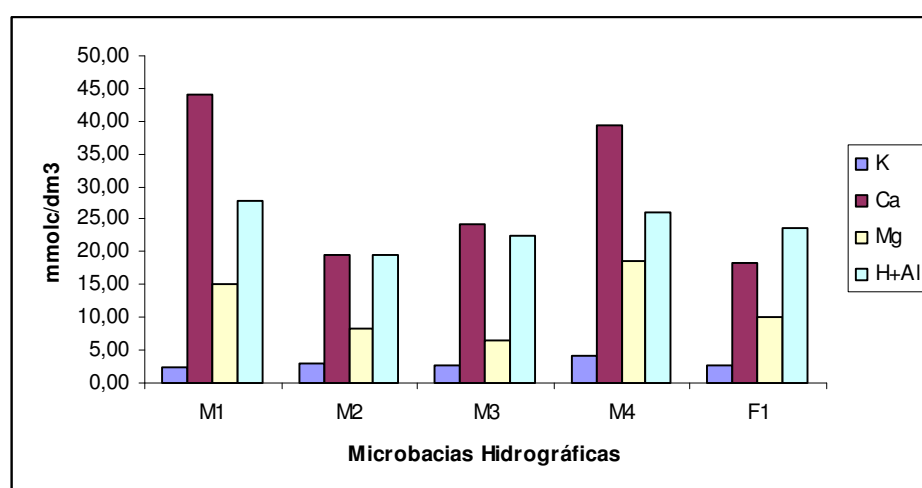


Figura 46. Média dos valores de K, Ca, Mg e H+Al do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

Tabela 11. Características químicas do solo nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, S.P. (Período: Set/06-Ago/07).

Microbacia	B mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³
M1					
Média	0,22	0,88	95,80	29,74	1,45
Máximo	0,25	1,70	188,00	47,60	1,80
Mínimo	0,19	0,40	25,00	12,60	1,00
D.P.	0,03	0,59	68,92	14,35	0,40
C.V.(%)	12,75	67,23	71,94	48,25	27,87
M2					
Média	0,22	1,80	22,60	22,40	1,16
Máximo	0,29	2,20	32,00	25,20	1,30
Mínimo	0,13	1,20	15,00	18,20	0,90
D.P.	0,08	0,50	6,43	2,57	0,17
C.V.(%)	35,14	28,05	28,44	11,48	14,43
M3					
Média	0,13	1,10	30,20	31,22	0,58
Máximo	0,16	1,80	41,00	34,30	0,80
Mínimo	0,09	0,70	21,00	24,50	0,30
D.P.	0,03	0,42	8,44	4,04	0,22
C.V.(%)	21,02	38,03	27,94	12,94	37,38
M4					
Média	0,20	0,44	76,20	32,16	1,04
Máximo	0,30	0,60	118,00	57,20	3,40
Mínimo	0,14	0,20	43,00	14,00	0,30
D.P.	0,06	0,15	27,63	18,16	1,32
C.V.(%)	29,79	34,47	36,25	56,48	127,13
F1					
Média	0,174	0,88	158,8	12,18	1
Máximo	0,23	1,2	468	23,8	2,4
Mínimo	0,13	0,6	48	6,3	0,4
D.P.	0,04	0,26	175,10	6,89	0,81
C.V.(%)	21,73	29,41	110,27	56,54	80,93

M: microbacia; F: foz; D.P.: desvio padrão; C.V.: coeficiente de variação.

A concentração de B, Cu, Fe, Mn e Zn, (Figuras 47, 48 e 49) no solo foram maiores nas microbacias com áreas de mata. Esses resultados indicam a maior eficiência das áreas de mata em armazenar estes elementos no sistema.

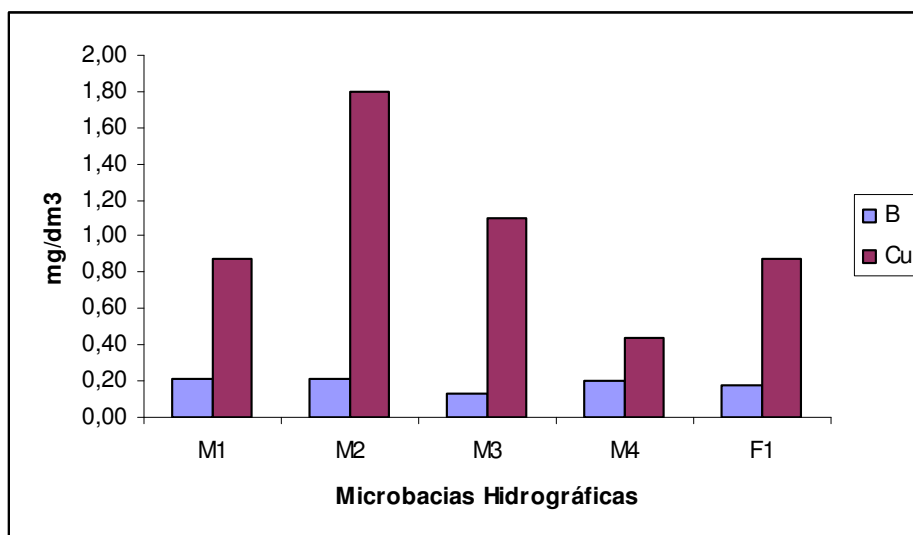


Figura 47. Média dos valores de B e Cu do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

No período analisado pode-se observar que o elemento Fe (Figura 48) é encontrado em todas as microbacia hidrográficas e foz estuda em concentrações maiores quando comparadas com o elemento Mn. Na microbacia hidrográfica M1, observa uma concentração maior, devido a um armazenamento desse elemento no sistema, devido à vegetação que minimiza o carreamento das partículas do solo, quando comparada com os teores desse elemento nas microbacias hidrográficas que não possui proteção vegetal, (M2 e M3).

Observa-se nos dados apresentados um valor médio de Zn (Figura 49) para todas as microbacias e a foz estudadas. A proteção vegetal consegue armazenar no sistema alguns elemento e processo semelhante ocorreu com o Zn no presente estudo.

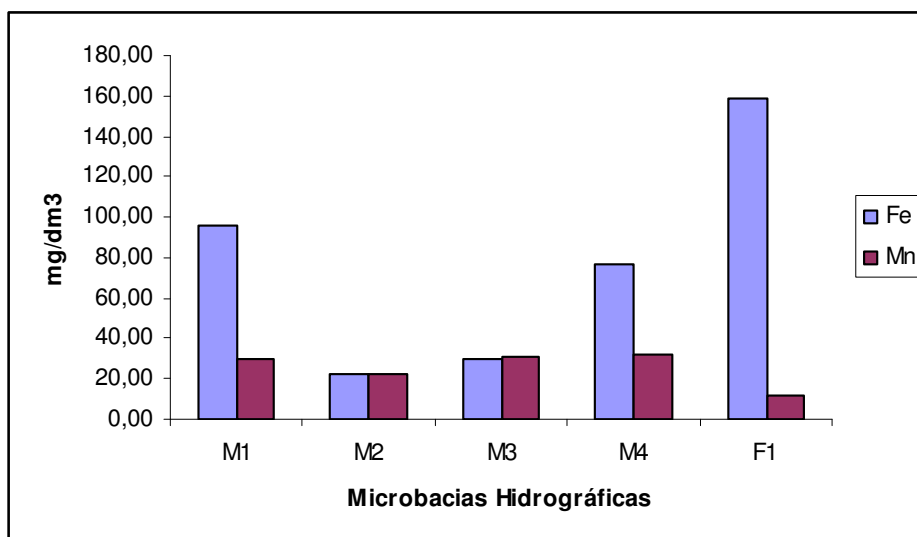


Figura 48. Média dos valores de Fe e Mn do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

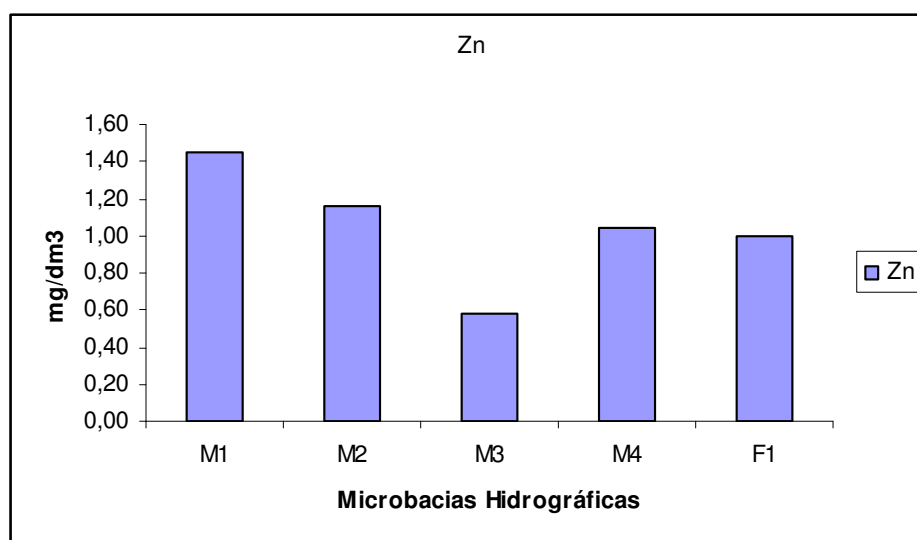


Figura 49. Média dos valores de Zn do solo das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

4. Caracterização do Sedimento das Microbacias Hidrográficas

As características químicas do sedimento nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07) são apresentadas nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12. Características químicas do sedimento nas microbacias hidrográficas M1, M2, M3 e M4 e da foz (F1) da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P., (Período: Set/06-Ago/07).

Microbacia	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mmol _e dm ⁻³	Ca mmol _e dm ⁻³	Mg mmol _e dm ⁻³	H+Al mmol _e dm ⁻³
M1	5,5	29	9	2,8	67	21	20
M2	5,0	11	5	2,4	31	17	25
M3	4,9	14	11	2,5	23	13	25
M4	4,4	8	3	2,2	29	20	28
F1	5,4	15	8	4,3	51	22	18

M: microbacia; F: foz

Na análise do sedimento, pode-se verificar que os valores de pH (Figura 50), não teve grandes variações nas microbacias hidrográficas e na foz. Observa-se que a microbacia hidrográfica M1 (Figura 51) apresentou a maior concentração de matéria orgânica no sedimento, semelhante ao ocorrido na análise de solo. Na microbacia hidrográfica M4, o teor de matéria orgânica foi menor quando comparado com o solo.

Nas microbacias hidrográficas onde ocorre atividade antópica (M2 e M3), verifica-se uma menor concentração de matéria orgânica, quando comparadas as áreas com proteção ciliar.

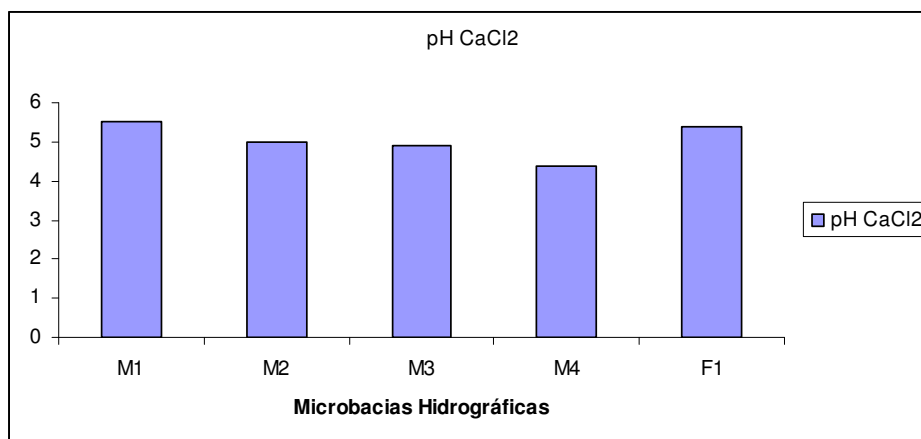


Figura 50. Média dos valores de pH no sedimento das microbasias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

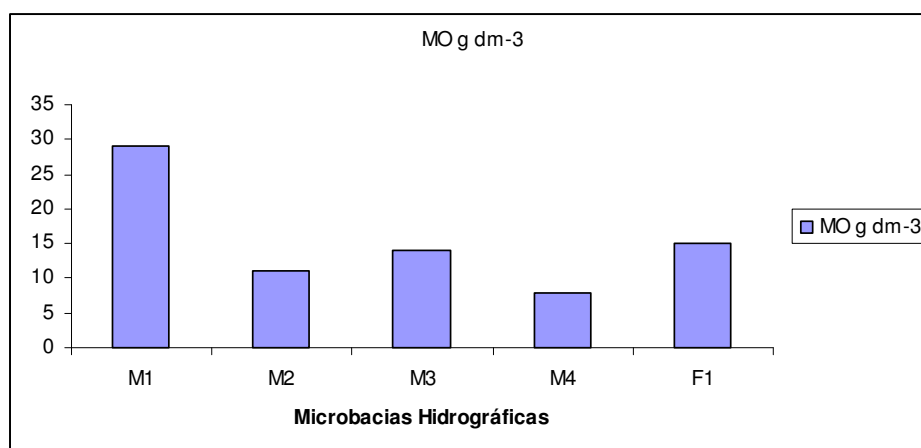


Figura 51. Média dos valores de matéria orgânica no sedimento das microbasias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

No conjunto de dados (Figura 52) verifica-se que a microbacia M1 apresentou maiores concentrações para os elementos Ca e Mg, como observado também para os valores analisados do solo. Estes dados podem explicar os altos índices encontrados no recurso hídrico para a variável dureza. No ponto de coleta foz (F1) foi encontrado

altos teores para Ca no sedimento, fato que pode ser explicado pelo arraste de partículas do solo de toda a área drenada das microbacias hidrográficas.

Os valores médios de magnésio encontrados no sedimento é semelhante aos valores médios encontrados no solo da área de estudo. O mesmo ocorre com os valores médios de H+Al.

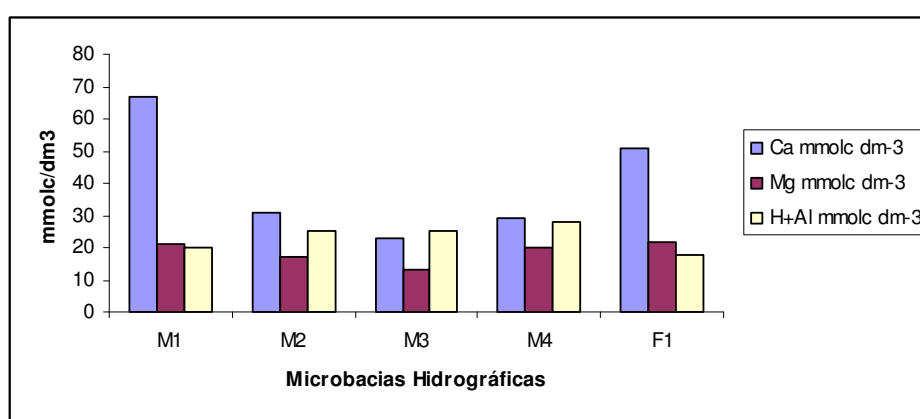


Figura 52. Média dos valores de Ca, Mg, H+ Al no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

No conjunto de dados (Figura 53) observa-se que os valores médios de Cu encontrados no sedimento é maior do que os valores médios encontrados no solo, como apresentado anteriormente, sendo explicado pelo fato de que o Cu sendo um elemento pesado, fixa-se no sedimento e consequentemente não é encontrado nas análises do recurso hídrico. Este fato é observado em todas as microbacias hidrográficas e foz do estudo. Os dados de boro encontrados no sedimentos dos pontos de coleta é semelhante aos valores médios encontrados no solo da área de estudo.

O elemento Zn (Figura 54) é encontrado em maiores concentrações na microbacia hidrográfica M3, onde ocorre atividade antrópica através do manejo da cultura da cana de açúcar. Observa-se que nas análises de solo, na microbacia M3, houve um menor valor médio de Zn, portanto o fato é explicado pelo arraste das partículas até os cursos de água, aumentando assim a concentração desse elemento no sedimento.

A eficiência da proteção vegetal no recurso hídrico, pode ser observada pelos dados encontrados na microbacia hidrográfica M1, pois verifica-se um maior valor de Zn no solo e um valor reduzido no sedimento, ou seja, o arraste de partículas é minimizado pela atuação da vegetação.

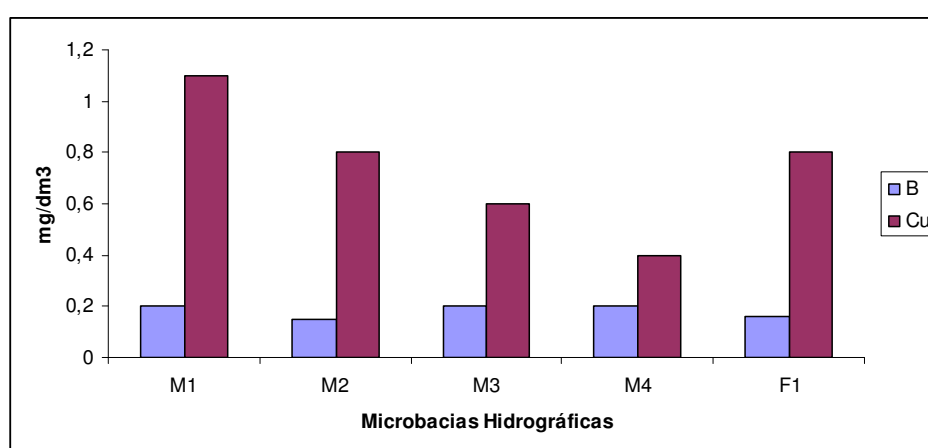


Figura 53. Média dos valores de B e Cu no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

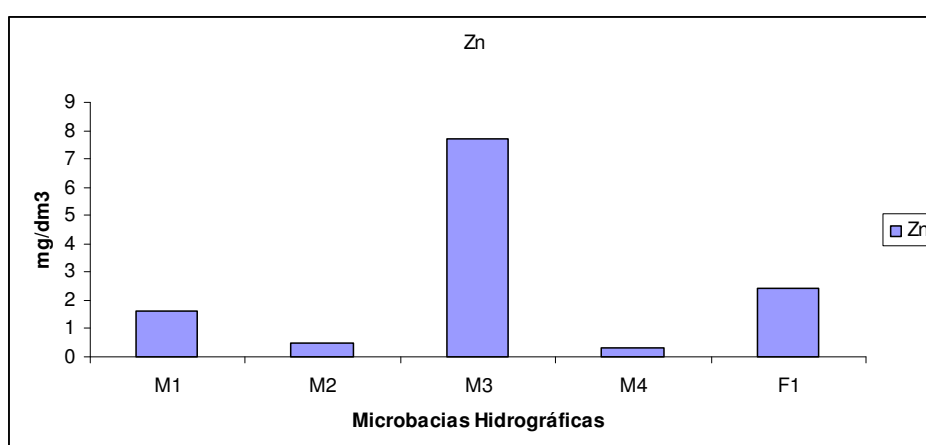


Figura 54. Média dos valores de Zn no sedimento das microbacias hidrográficas e da foz de estudo (Ago/06-Ago/07).

V. CONCLUSÃO

A variável temperatura da água nas microbacias hidrográficas com a proteção da vegetação ciliar ao entorno da nascente foi menor e com menor variabilidade do que nas microbacias hidrográficas sem a vegetação ciliar.

As nascentes das microbacias hidrográficas com ação direta de atividade antrópica apresentaram valores maiores para as variáveis turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, cor aparente e nitrogênio total. Não foi verificado odor nas amostras de água das microbacias hidrográficas.

Os valores de cálcio e potássio apresentaram grandes variações ao longo do período analisado nas microbacias hidrográficas e altas concentrações nas microbacias hidrográficas onde não ocorre proteção do recurso hídrico. Não foi encontrado o elemento cobre no recurso hídrico.

Na microbacia hidrográfica com proteção ciliar ao longo das nascentes, os valores dos elementos magnésio e ferro apresentaram-se baixos e constantes ao longo do período de análise.

Comparando as características químicas do solo, obtidas em cada microbacia hidrográfica, verificou-se que na área experimental ocorre boa fertilidade. Os menores valores foram encontrados nas microbacias hidrográficas sem proteção vegetal no entorno da nascente. Os maiores valores de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, H+Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram observados nas microbacias hidrográficas que apresentam a área com mata.

Na análise do sedimento, pode-se verificar que os valores de pH não variaram entre as microbacias hidrográficas e na foz. Observa-se que a microbacia hidrográfica com proteção vegetal ao longo da rede de drenagem apresentou a maior concentração de matéria orgânica e dos elementos Ca e Mg no sedimento, semelhante ao ocorrido na análise de solo.

A microbacia com proteção vegetal ao longo da rede de drenagem apresentou as melhores características hídricas.

As características do recurso hídrico foram diferentes em função das condições de uso e manejo do solo na Microbacia do Córrego da Fazenda da Glória, Município de Taquaritinga, S.P.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. F. R.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; Qualidade física e biológica da água do Córrego do Boi para a Irrigação em Aparecida d'Oeste, Região Noroeste do Estado de São Paulo. In: **XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Bonito – MS, 2007.
- AMARAL, L. A. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 4, 2003.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation**. Washington: George Bent, 1960. 868 p.
- AMORIM, R. F. C. **Transporte de material sólido e assoreamento em reservatórios de pequenas barragens de terra na região central do estado de São Paulo**. 1999. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- ANA - Estudo de Consolidação dos Procedimentos Metodológicos na Elaboração do Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos / Relatório Final – RF / Estruturação da Base de Dados. **Agência Nacional de Águas**. Estudos realizados pela empresa TC/BR Tecnologia e Consultoria Brasileira S.A. – Brasília: ANA, SPR, 2004. 118p.
- ANDRADE, L. Filtração 1: conheça as partículas sólidas que estão na água de irrigação. Avaré: **Scarcelli informativo em gotas do Brasil**, 1998.
- ANDREOLLI, I. **Previsão de Vazão em Tempo Real no Rio Uruguai com Base na Previsão Meteorológica**. Porto Alegre, 2003. 182p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- ANIDO, N. M. R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. 2002. 69f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: APHA-AWWA-WPCF. 1995.

ARCOVA, F.C.S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP**. Piracicaba, 1996. 130p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 1996.

ARCOVA, F.C. S, CICCIO, V. de.. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, v.56, p.125–134. 1999.

AZEVEDO, E.C.de; COSTA, L.M. da; FONTES, L.E.F.; PERTENELLI, L.A. Características físicas e químicas do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.19, n.4, 1995.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1977. 218p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 1^a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à engenharia sanitária. 3ed. São Paulo: CETESB/AsCETESB, 1986. 640p.

BRANCO, S. M. **A água e o homem**. In: **Hidrologia Ambiental**, v.3. Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BRINDLEY, G.W., BROWN, G. **Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification**. Mineralogical Society, 1980. 493p

BRITO, L.T. de L., SILVA, A. de S., SRINIVASAN, V. S. Multivariate analysis use on interpretation of water quality from superficial sources of the Salitre river watershed. **Revista Engenharia Agrícola**. 2006, vol. 26, n.1, p.58-66.

BUCKMAN, H.O. *Natureza e propriedades dos solos*: compêndio universitário sobre edafologia. Trad. de FIGUEIREDO, A.B.N. Filho. 5.ed. Rio de Janeiro, Freitas Barros, 1979. 647p.

CALHEIROS, R. de O. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004.

CÂMARA, C.D. LIMA, W. de P. Corte raso de uma plantação de Eucalyptos saligna de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. *Scientia Forestalis*, n.56, p.41-58, 1999.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.

CASTRO, P.S.; LOPES, J.D.S. Recuperação e conservação de nascentes. Viçosa: **Centro de Produções Técnicas**. 84p. (Série Saneamento e Meio- Ambiente, nº. 296), 2000.

CETESB, **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.CETESB.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em: 20 out. 2005.

CHEN, J. & GABELMAN, W.H. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. *Sci. Hortic.*, 83:213-225, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 149 p.

CONTE, M de L., LEOPOLDO, P.R. **Avaliação dos Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo, Editora: UNESP, 2001, 141p.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **A Questão Ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo.* 1.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2002. 212p.

ERBA, D.A.; ROCHA, J.S.M.da. Um sistema para determinar os parâmetros característicos e avaliar a deterioração das sub-bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 2258-63.

ESTEVES, F de A. Fundamento de limnologia. Rio de Janeiro: FINEP, 1988, 375p.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S. Utilização dos parâmetros coliformes totais e fecais e oxigênio dissolvido na avaliação da qualidade de água para irrigação na microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP. In: **XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Bonito – MS, 2007.

FRAVET, A. M. M. F. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP e saúde pública. **Revista Irriga**, Botucatu, v.12, n.2, p. 144-155, 2007.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato alumínio.** Rio de Janeiro. Caderno de Saúde Pública. 2001.

GARCIA, G.J. **Sensoriamento remoto: princípios e interpretações de imagens.** São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geological Society of America**, Colorado, v. 56, n. 3, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. Departamento de Cartografia. **Carta do Brasil: Jaboticabal e Taquaritinga**. São Paulo: Instituto, 1971. Escala 1:50.000.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia**. São Paulo: CERES, 1979. p42-50.

KUMMER, A.C.B.; ANDRADE, L.D.; SOMMER, R.S.; LOURENÇO, I.; BOHNENBERGER, L.; ANGST, F.; GOMES, S.D. Análise de parâmetros físicos ao longo do rio Cascavel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Bonito, MS, 2007. Cd.

LANDIM, P.M.B. **Recursos naturais não renováveis e desenvolvimento sustentável**. In: MARTOS, H.L., MAIA, N.B. Indicadores ambientais. Sorocaba: Bandeirante Indústria Gráfica S.A., 1997. p9-13.

LEITE, C.M.B.; BERNARDES, R.S.; OLIVEIRA, S.A. de Método Walkley-Black, 2004.

LEMOES, R.C.de; SANTOS, R.D. dos Manual de Método de Trabalho de Campo. Comissão de Método de Trabalho de Campo. Campinas, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 1976. 36p.

LEONARDO, H.C.L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo Cue, Região Oeste do Estado do Paraná**. Piracicaba, 131p Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, 2003.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 301 p.

LIMA, W.P. Impacto ambiental del eucalipto em programas de forestacion: estudos realizados y resultados obtenidos em el monitoreo de los efectos ambientales de la forestacion em Brasil. **Uruguay Forestal**, v.7, n.14, p.5-12, 1997.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Indicadores hidrológicos em áreas Florestais. Série Técnica IPEF, Piracicaba v. 12, n. 31, 1998. p. 53-64.

- LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. 1978. **Engenharia de Recursos Hídricos**. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo. 798p.
- LOPES VERGARA, M.L. **Manual de fotogeologia**. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Junta de Energia Nuclear, 1971. 286p.
- LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; LOPES, J. F. B.; AQUINO, D.N. Dinâmica da Concentração do íon sódio e condutividade elétrica nas águas do Rio Curu, Ceará, In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Bonito – MS, 2007.
- MACEDO, J.R. **Determinação de retenção hídrica por correlação múltipla e de variabilidade espacial em solos podzólicos de Seropédica, RJ**. Rio de Janeiro : UFRRJ, 1991. 174p.
- MARQUES JÚNIOR, J. **Características dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP**. 1995. 187 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- MAURO, F. Vazão e qualidade da água em manancial degradado do cinturão verde de Ilha Solteira – SP. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambientais). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP - Universidade Estadual Paulista, 2003.
- MELLO, M.H.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v. 2. 1994.
- MERTEN, G. H. & MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v. 3, n.4, 2002.
- MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman and Hall, 1992.
- MOLINA, P.M. **Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba no Município de Regente Feijó, São Paulo**. Ilha Solteira, 160p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil ênfase em Recurso Hídricos e Tecnologia Ambientais). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP-Universidade Estadual Paulista, 2006.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, 2002.

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

MUGLLER C.C.; TEIXEIRA, M. do C. C. Educação em Solos: instrumento de conscientização ambiental. **Boletim Informativo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.76, n.1, 2002.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 308 p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: EMBRAPA/IAC, 1999. 64p. mapa. Escala 1:500.000.

OLIVEIRA, O.M.C. **Diagnóstico geoambiental em zonas de manguezal da baía de Camamu - BA**. Niterói. 2000. 249p. (Tese de Doutorado em Geoquímica Ambiental), Universidade Federal Fluminense, 2000.

OLIVEIRA, O.M.C.de; QUEIROZ, A.F.de S.; ARGÔLO, J.L.; ROESER, H.M.P.; ROCHA, S.R.S. Estudo mineralógico do sedimento de manguezal da baía de Camamu, Ba. Ouro Preto: **Revista Esc. Minas.**, v.55, n.2, 2002.

PATEMIANI, J.E.S.; PINTO, J.M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação série Engenharia Agrícola**. Ed. Piracicaba: FUNEP/SBEA, v.1, p.195-253, 2001.

PELLEGRINI, J.B.R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Agudo, R.S.** Santa Maria, 124p Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo-Processos Químicos). Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

PENTEADO, M.M.; RANZANI, G. Aspectos geomorfológicos e os solos do Município de Jaboticabal. **Gegraphica**, Lisboa, n.25, 1971. p41-61. (separata).

PEREIRA, M.N.; KURKDJIAN, M. de L.N.; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto.** 1989. 118f. - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 1989.

PINEDA, M.D.; SCHÄFER, A. Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Cultura**, v.39, p.198-206, 1987.

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia de superfície.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 179 p.

PIRES, A.M.Z.C.R.; PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. **Avaliação da integridade ecológica em bacias hidrográficas.** In: SANTOS, J.E. dos et al. (org.) Faces da Polisemia da Paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: RiMa, 2002. p.123-150.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E.; PIRES, A.M.Z.C.R. **Gestão biorregional: uma abordagem conceitual para o manejo de paisagens.** In: SANTOS, J.E. Faces da Polisemia da Paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: RiMa, 2004. p.23-34.

PISSARRA, T.C.T. **Análise da bacia hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: Comparação entre imagens TM-LANSAT 5 e fotografias aéreas verticais.** 132f. Dissertação (Doutorado em Conservação e Manejo da Água e do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S.J. **Caracterização da qualidade da água.**

RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343p.

RICCI, M.; PETRI, S. Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo: Nacional, 1965. 226p.

ROCHA, J.S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM, 2001. 282p.

ROCHA, C. M. B. M. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, 2006.

RODRIGUES, R.R.; SHEPHERD, G. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/FAPESP, 2000. p101-107.

RODRIGUES, F.M. **Avaliação do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P.** Jaboticabal, 112p. 2005. (Trabalho de Graduação), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M. de; LOPES, F.B.; FROTA, J.I. Jr.; LOBATO, F.A.O. Qualidade da água para consumo humano em cursos d'água na bacia hidrográfica do Curu, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Bonito, MS, 2007.

ROSA, R., Lima, S.C. & Assunção, W.L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia, MG. **Sociedade & Natureza**: 91-108, 1989.

RUHE, R.V. **Geomorphology**. Boston: Houghton Mifflin, 1975. 246 p.

RUIZ, H.A.; MIRANDA, J. & CONCEIÇÃO, J.C.S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. R. Bras. Ci. Solo, 23:1015-1018, 1999.

SANTOS, R.F.; Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: **Oficina de Texto**, 2004.

SAS/STAT. *User Guide* (Release 6.11). Cary, 1995. 430p.

SHARPLEY, A.N. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.49, p.905-911, 1985.

SILVA, A.P.; CARMEN IMHOFF, S. del.; TORMENA, C.A.; LEÃO, T.P. Avaliação da compactação de solos florestais. IN: GONÇALVES, J.L.M; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, Cap. 9, 2002. p. 351-372.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B.. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.

SIMÕES, S.J.C. A dinâmica dos sistemas e a caracterização de geoindicadores. In: MAIA, N.B.; LESJAK, H. **Indicadores ambientais**. Sorocaba: Bandeirantes Indústria Gráfica, 1997. p. 59-70.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. Am. Geophys. Un., New Haven, v.38, 1957.p913-20.

STUMM, W.; MORGAN, J. J.; **Aquatic Chemistry**, 1981, Wiley-Interscience, NY, 583p.

TEIXEIRA, A.L.de A.; MORETI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro: ed. do Autor, 1992. 80p.

TOLEDO, G.L., NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Embrapa Meio Ambiente, **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Paulo: Rima, 2003. 247p.

VANZELA, L. S. **Qualidade de Água para a Irrigação na Microbacia do Córrego Três Barras no Município de Marinópolis**. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Ilha Solteira, 2004.

VILELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 250p.

VOLKSWEISS, S.; RAIJ, B. **Retenção e disponibilidade de fósforo em solos.** In: FERRI, M. G., (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, Belo Horizonte. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977. p. 317-332.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** v.1 2ª ed. Belo Horizonte-MG: UFMG, 213 p., 1996.