

**KARINA HACKE RIBEIRO**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E A RELAÇÃO COM O USO DO SOLO E  
COMPONENTES AMBIENTAIS NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE,  
COLOMBO, PR**



Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Linha de Pesquisa Qualidade de Solo e Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Dra. Nerilde Favaretto  
Co-Orientadores: Dr. Jeferson Dieckow  
Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

**CURITIBA**

**2009**

**KARINA HACKE RIBEIRO**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E A RELAÇÃO COM O USO DO SOLO E  
COMPONENTES AMBIENTAIS NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE,  
COLOMBO, PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Linha de Pesquisa Qualidade de Solo e Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Dra. Nerilde Favaretto  
Co-Orientadores: Dr. Jeferson Dieckow  
Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza

**CURITIBA**

**2009**

Ribeiro, Karina Hacke.  
Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo  
e componentes ambientais na microbacia do rio Campestre,  
Colombo, PR / Karina Hacke Ribeiro. – Curitiba, 2009.

51 f. : il.

Orientador: Nerilde Favaretto  
Co-orientadores: Jéferson Dieckow; Luiz Cláudio de Paula Souza  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal  
do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2009

1. Água – Qualidade 2. Água na agricultura. 3. Solo – Uso.  
I. Favaretto, Nerilde. II. Dieckow, Jeferson. III. Souza, Luiz Cláudio de  
Paula. IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. V. Título

CDU 631.6.02

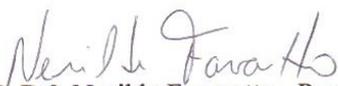


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648  
Página: [www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcsolo@ufpr.br](mailto:pgcsolo@ufpr.br)

## PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **KARINA HACKE RIBEIRO**, sob o título: "**Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo e componentes ambientais na microbacia do rio campestre, Colombo, PR.**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 29 de junho de 2009.

  
Prof.ª Dr.ª Nerilde Favaretto, Presidente.

  
Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella, 1.º Examinador.

  
Prof. Dr. Jeferson Dieckow, 2.º Examinador.



Dedico este trabalho a minha mãe Maria de Lourdes

## AGRADECIMENTOS

À Deus agradeço pela força e proteção em todos os obstáculos.

Aos meus pais, Maria de Lourdes e João Frederico, que me mostraram o caminho do aprendizado.

À minhas irmãs Kassiana e Kelly pelo apoio.

À minha afilhada Giovanna, que me ensinou a partilhar o tempo entre a pesquisa e o afeto familiar.

À minha Orientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Nerilde Favaretto e aos meus Co-orientadores Professor Dr. Jeferson Dieckow e Professor Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza pela oportunidade de ingresso no programa e desenvolvimento deste trabalho, pela orientação, dedicação, paciência e incentivo. Ao Professor Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza, em especial pelo suporte na parte de geoprocessamento.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Braga pelo novo aprendizado e possibilidade de realizar as análises no laboratório de Engenharia Ambiental, Professor Francisco Borsari Netto, da UFPR, as quais foram fundamentais para a execução deste trabalho.

Aos agricultores da comunidade Campestre em Colombo pela recepção, amizade, informações e a liberdade para desenvolver esse estudo na área.

Ao Professor Dr. Luciano Almeida, por fornecer seus dados sobre o município de Colombo, e por possibilitar o contato com os agricultores da microbacia.

Ao Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella da Universidade Federal de Santa Maria pelo suporte na parte estatística e pela contribuição na banca de defesa.

Ao Professor Dr. Bruno e Professor Dr. Valmiqui pelo incentivo nos momentos difíceis.

À Universidade Federal do Paraná, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao Secretário Municipal do Abastecimento de Curitiba, Norberto Anacleto Ortigara e a Diretora Municipal do Abastecimento de Curitiba, Vera da Rocha Zardo, pela possibilidade de conciliar trabalho e estudo. Assim como Humberto Malucelli Neto, Isac Baril, Sirley Pinheiro, Nilza Souza, André Bezerra e os colegas Rogério Gonçalves, Daniel Bastos e toda a equipe do setor de compras da SMAB.

A Christine Xavier do IAP e aos amigos Henry Lira e Aline Carvalho pela transferência de informações.

A técnica de laboratório Cristiane Antunes do Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPR pela transferência de conhecimento e paciência.

Aos técnicos Elda e Altair do Laboratório de Física do Solo e Biogeoquímica da UFPR.

A todos os colegas de mestrado e aos amigos que contribuíram para essa pesquisa, em especial, Lucio Lourençato, Michele Ribeiro Ramos, Fabiana de Medeiros Silveira e Maria Carolina da Costa.

“Os problemas não podem ser resolvidos com o mesmo tipo de inteligência que os criou”

Albert Einstein

## RESUMO

A degradação dos recursos hídricos cresce acentuadamente sendo a agricultura uma das atividades degradantes. O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a influência do uso do solo e de alguns componentes da paisagem na qualidade da água superficial na microbacia do rio Campestre, município de Colombo, PR. Foram analisados os parâmetros físicos e químicos (demanda biológica de oxigênio, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrogênio Kjeldahl, amônio, nitrato, fósforo total, fósforo particulado, turbidez, pH, temperatura, condutividade elétrica e sólidos totais) e o parâmetro biológico (presença de coliformes fecais). A coleta das amostras de água foi realizada mensalmente por um ano em oito pontos, distribuídos em três subbacias. De modo geral a qualidade da água foi inferior na subbacia com maior porcentagem de agricultura sendo afetada também pela porcentagem de floresta, porcentagem de área de preservação permanente com agricultura e área de contribuição da subbacia. Na estação de verão, provavelmente em função da maior precipitação e uso do solo, ocorreram as maiores concentrações de N Kjeldahl e N particulado, bem como de condutividade elétrica, pH, turbidez e coliformes fecais. Todos os parâmetros analisados, exceto o P total, estão de acordo com a Resolução Conama 357/2005 para água doce de classe 1, porém cabe ressaltar que o monitoramento realizado refere-se ao escoamento de base e que não representa uma condição de descarga, já que a maioria das coletas não foram realizadas durante ou próximas do evento de precipitação. Os teores médios de P total e N Kjeldahl estão associados a ambientes eutróficos em rios, no entanto muito inferiores aos resultados de encostas dentro da mesma microbacia, indicando a importância da área com floresta bem como da boa espacialização das áreas agrícolas, na qualidade da água superficial.

Palavras-chaves: microbacia hidrográfica, uso do solo, qualidade da água, agricultura

## ABSTRACT

The water degradation is strongly increasing and the agriculture activity contributes to this. The objective of this study was to evaluate the influence of land use and some landscape components on the surface water quality in the Campestre watershed, Colombo city, Paraná state, Brazil. The physical and chemical parameters (biological oxygen demand, chemical oxygen demand, dissolved oxygen, Kjeldahl nitrogen, ammonium, nitrate, total phosphorus, particulate phosphorus, turbidity, pH, temperature, electrical conductivity and total solids) and biological parameters, (fecal coliforms) were analyzed. The water samples were taken monthly for one year in eight points, distributed in three sub basins. Overall, the water quality was lower in the sub basin with higher percentage of agriculture and it was also affected by the percentage of forest area, percentage of permanent preservation area with farming and the contribution area of the sub basin. In the summer season, probably due to higher precipitation and land use, it was observed the higher concentrations of Kjeldahl N and particulate N as well as electrical conductivity, pH, turbidity and fecal coliforms. All parameters, except P, are in accordance with the CONAMA 357/2005 Resolution for freshwater class 1, however it is important to point out that this results refers to the base flow and does not represent a condition of discharge, since most of the water samples were not collected on or near the rainfall event. The concentrations of total P and Kjeldahl N were associated with eutrophic environments in rivers, however much lower than the results of small catchments in the same watershed, indicating the importance of the forest area as well as the good spatial distribution of agricultural areas to the water quality superficial.

Word-keys: watershed, land use, water quality, agriculture

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO – PR .....	15
FIGURA 2 – MAPA DE USO DO SOLO E REPRESENTAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR .....	15
FIGURA 3 – ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA PRÓXIMO DO PONTO A1 (NASCENTE) DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR .....	18
FIGURA 4 – ÁREA AGRÍCOLA DA MICROBACIA ENTRE OS PONTOS DE COLETA B4 E B3 DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR .....	18
FIGURA 5 – MAPA DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DENTRO DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO – PR .....	19
FIGURA 6 – MAPA DE DECLIVIDADE DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR .....	21
FIGURA 7 – RELAÇÃO ENTRE PERCENTAGEM DE ÁREA COM AGRICULTURA E CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) DA ÁGUA SUPERFICIAL NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR.....	31

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –PRECIPITAÇÃO (mm) DO MUNICÍPIO DE COLOMBO, PR, DURANTE OS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO, NO PERÍODO DE 1988 a 2009 .....	13
TABELA 2 – VOLUME DA CHUVA DIÁRIA (mm) E DATAS DE COLETA DA ÁGUA NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007 A SETEMBRO/2008 <sup>1</sup> .....	14
TABELA 3 – ÁREA (ha e %) DOS USOS DO SOLO EM RELAÇÃO AOS PONTOS DE COLETA NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, PR.....	16
TABELA 4 – ÁREA (ha e %) DE VEGETAÇÃO NATIVA E DEMAIS USOS DE SOLO, DENTRO DA APP, NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR.....	20
TABELA 5 – DISTÂNCIA MÉDIA (m) ENTRE OS USOS DO SOLO E O RIO NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR.....	21
TABELA 6 – ÁREA (ha e %) POR CLASSES DE DECLIVE NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR.....	22

TABELA 7 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NAS SUBBACIAS A E B DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR, NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007-OUTUBRO/2008.. 28

TABELA 8 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL ( $\pm$  DESVIO PADRÃO) DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DE COLETA) NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007-OUTUBRO/2008..... 32

TABELA 9– MÉDIA DOS INDICADORES DE QUALIDADE NAS ESTAÇÕES DE INVERNO (OUT-ABR) E VERÃO (MAI-SET) NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO- PR..... 33

TABELA 10 – DIFERENÇA SAZONAL PARA OS TESTES KRUSKALL-WALLIS E WILK LAMBDA POR PONTO DE COLETA DA MICROBACIA NO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR ..... 36

TABELA 11 – LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005) E TEORES MÉDIOS ENCONTRADOS NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR..... 37

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1 Caracterização da área de estudo.....	12
2.2 Coletas das amostras de água superficial .....	22
2.3 Análise das amostras de água superficial .....	23
2.4 Análises estatísticas .....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
3.1 Efeito do uso do solo e componentes ambientais na qualidade da água .....	27
3.2 Efeito das estações inverno e verão na qualidade da água .....	33
3.3 Parâmetros de qualidade da água em relação à Legislação Brasileira .....	36
4. CONCLUSÃO.....	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
6. ANEXOS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O uso intensivo do solo pela necessidade do aumento da produção agrícola é o reflexo do crescimento populacional. Com o aumento da produção agrícola, a disponibilidade e qualidade da água são modificadas gerando um desequilíbrio no ciclo hidrológico. Além disso, a atividade agrícola é uma grande consumidora de água, portanto a sustentabilidade da produção de alimentos depende da gestão adequada dos recursos hídricos (DIEBEL et al., 2009; MAXTED et al., 2009).

O setor agrícola, além de ser um grande consumidor de água, exerce também uma grande influência tanto na produção de água na medida em que interfere no fluxo hidrológico das bacias hidrográficas quanto na sua qualidade, principalmente, pelas contribuições difusas de poluentes, através do escoamento superficial, infiltração e fluxo de macroporos (LAL, 1994).

O potencial de contaminação dos cursos de água é extremamente elevado quando se tem uma agricultura intensiva com utilização excessiva de fertilizantes e agrotóxicos em solos pouco profundos e de alta declividade, ou seja, em ambientes ecologicamente frágeis (MERTEN & MINELLA, 2002), especialmente durante o período de intensa precipitação pluviométrica (TAKEDA et al., 2009). O uso e manejo do solo de acordo com sua capacidade, bem como a adoção de práticas conservacionistas são fundamentais para a preservação da qualidade da água (DIEBEL et al., 2009; GONÇALVES et al., 2005). Além do adequado uso e manejo do solo e agroquímicos é fundamental a presença da vegetação ciliar, a qual exerce um importante papel de filtro, evitando ou reduzindo a entrada de poluentes nos corpos de água (MEHAFFEY, et al., 2005; ARCOVA & CICCO, 1999). A eutrofização de rios e lagos é um dos principais problemas relacionados à atividade agrícola (SHARLPEY et al., 1994) e o uso de fertilizantes minerais e orgânicos na agricultura apesar de ser fundamental para o crescimento das plantas pode se tornar uma fonte de poluição dos recursos hídricos.

A qualidade da água na rede de drenagem de uma microbacia hidrográfica é determinada por fatores antrópicos e ambientais, assim como pela interação entre eles (DIEBEL et al, 2009; TAKEDA et al., 2009; NGOYE & MACHIWA, 2004), e quanto maior a porcentagem de área coberta com vegetação nativa, melhor será a qualidade da água na rede de drenagem de uma microbacia (YANG et al., 2007; ZEILHOFER et al., 2006).

Na microbacia hidrográfica em estudo, o uso do solo em maior parte das áreas com agricultura é conflitante em relação à aptidão agrícola das terras, principalmente devido à

declividade e a pouca profundidade do solo (SOARES et al., 2008). Além disso, em algumas subbacias a presença de mata ciliar é reduzida. Isso pode proporcionar elevada perda de solo e água e conseqüentemente transferência de sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e agrotóxicos para os cursos de água, gerando assim problemas ambientais. A atividade agrícola é predominantemente com hortaliças em sistema convencional de produção, o que caracteriza um grande potencial de contaminação das águas, tanto superficiais como subterrâneas.

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a influência do uso do solo e de componentes da paisagem na qualidade da água superficial da microbacia do Campestre, no município de Colombo, PR. Os objetivos específicos foram: a) determinar o uso do solo e avaliar a influência deste na qualidade de água; b) determinar a presença de mata ciliar e a influência desta na qualidade da água; c) avaliar a influência sazonal nos parâmetros de qualidade da água e d) comparar individualmente os parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água com valores máximos permitidos pela legislação brasileira.

Espera-se que quanto menor a porcentagem de agricultura e maior a porcentagem de mata ciliar melhor será a qualidade da água da água na rede de drenagem da microbacia, pois a vegetação ciliar exerce um efeito de filtro que diminui a transferência de sedimentos e compostos solúveis para a rede de drenagem através do escoamento superficial. Ainda espera-se que na estação de inverno a qualidade da água na rede de drenagem da microbacia seja superior em relação ao verão, pois na estação hiberna a erosividade das chuvas é menor, as baixas temperaturas reduzem a proliferação de organismos aquáticos e muitas áreas agrícolas estão em pousio.

Nesse sentido esta pesquisa pode contribuir para traçar estratégias de planejamento e gerenciamento integrado dos espaços rurais no que se refere à melhoria e manutenção da qualidade dos recursos naturais. Isso é importante em regiões ecologicamente frágeis que são utilizadas de maneira inadequada.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em uma área de 1010 ha na microbacia do Rio Campestre, inserida na bacia do Rio Capivari (ALMEIDA, 2003) localizada ao norte do município de Colombo, PR, região metropolitana de Curitiba. No município de Colombo, próximo da área de estudo, encontra-se também o aquífero subterrâneo Karst (ALMEIDA, 2003).

De acordo com o mapa de solos na escala de 1.600.000 (EMBRAPA, 1984, 2008) a área de estudo compreende três unidades de mapeamento contendo Cambissolo Húmico, Cambissolo Háptico, Neossolo Litólico e Latossolo Vermelho. No entanto, a partir de observações a campo e da análise de paisagem, verifica-se que a área de estudo se caracteriza somente pela presença de Cambissolos e Neossolos (SOARES et al., 2008). RIBEIRO (2009) classificou o solo de acordo com EMBRAPA (2006) em três encostas com cultivo de olerícolas como CAMBISSOLO Háptico Ta distrófico típico com textura média e argilosa. Detalhes sobre parâmetros físicos e químicos do solo dessas encostas podem ser obtidos em RIBEIRO (2009).

Quanto à geologia, a área de estudo é constituída por filitos, diques de diabásio e quartzitos (MINEROPAR, 1997).

A vegetação nativa da região é a Floresta Ombrófila Mista, caracterizada pela presença de *Araucária angustifolia*, entre outras espécies (RODERJAN & STRUMINSKI, 1992).

O clima é classificado como Cfb (Koeppen) caracterizado como subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos e sem estação de seca definida. A temperatura média no mês mais frio está abaixo de 18° C e a temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° C (IAPAR, 2009).

A precipitação média anual do município de Colombo – PR no período de 1988 a 2009, é de 1476 mm (TABELA 1) com período chuvoso normalmente entre os meses de verão (SUDERHSA, 2009, Comunicação pessoal).

TABELA 1 –PRECIPITAÇÃO (mm) DO MUNICÍPIO DE COLOMBO, PR, DURANTE OS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO NO PERÍODO DE 1988 a 2009

Precipitação (mm)	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Media (1988-2009)	196	147	133	76	95	88	109	64	149	155	113	151	1476
Ano 2007	177	173	129	111	162	15	120	24	46	134	157	267	1515
Ano 2008	144	126	130	100	52	110	19	112	50	256	79	87	1264

(Fonte: SUDERHSA, 2009, Comunicação Pessoal)

Em uma das propriedades da área de estudo foram instalados dois pluviômetros onde se registraram o volume de chuva durante o período outubro/2007 a setembro/2008. Para a análise sazonal dos dados, considerou-se de outubro de 2007 a abril de 2008 o período de verão (cultivo das olerícolas de verão) e de maio de 2008 a setembro de 2008 o período de inverno (cultivo das olerícolas de inverno). Observa-se (TABELA 2) que os meses de novembro de 2007 a fevereiro de 2008 foram os que apresentaram maior precipitação, e, portanto, o período de verão, neste trabalho considerando os meses de outubro/2007 a

abril/2008 totalizou 988 mm e o de inverno, de maio/2008 a setembro/2008, totalizou 180 mm.

TABELA 2 – VOLUME DA CHUVA DIÁRIA (mm) E DATAS DE COLETA DA ÁGUA NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007 A SETEMBRO/2008<sup>1</sup>

Data	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	maio	jun	Jul	ago	set
1	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	36	0	16	0	0	0	0	40	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	11	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	61	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0
11	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	19	0	0	0	0	0	10	0	50	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	25	0	65	0	0	0
16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	4	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	36	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
22	8	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
30	5	0	0	0	-	0	0	10	0	0	0	0
31	-	-	0	0	-	0	-	0	-	0	0	0
Total	75	213	305	60	228	8	95	10	155	15	0	0
Período de verão (out/2007 - abr/2008): 958 mm							Período de Inverno (mai/2008 - set/2008):180 mm					

<sup>1</sup> Dados em destaque indicam as datas de coletas

A delimitação da área de estudo que faz parte da microbacia do Rio Campestre bem como a rede de drenagem encontra-se na Figura 1.

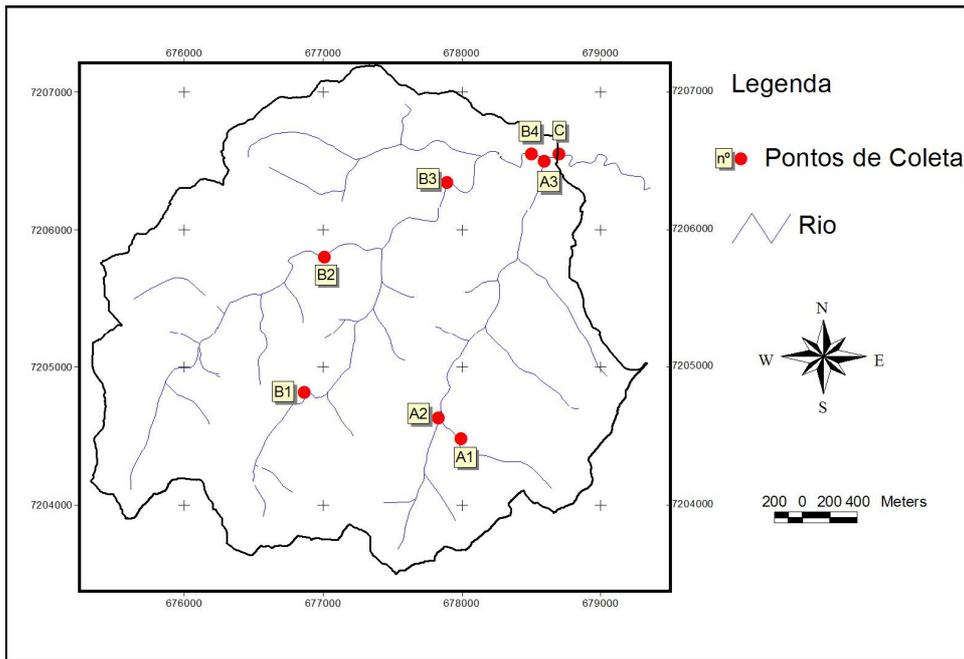


FIGURA 1 – MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO – PR

O mapa de uso da área de estudo (FIGURA 2), fornecido por ALMEIDA (2006), foi atualizado através da visitação a campo. Para a determinação do uso em relação à área de influência de cada ponto (TABELA 3) aplicou-se a tabulação cruzada, conforme EASTMAN (1999).

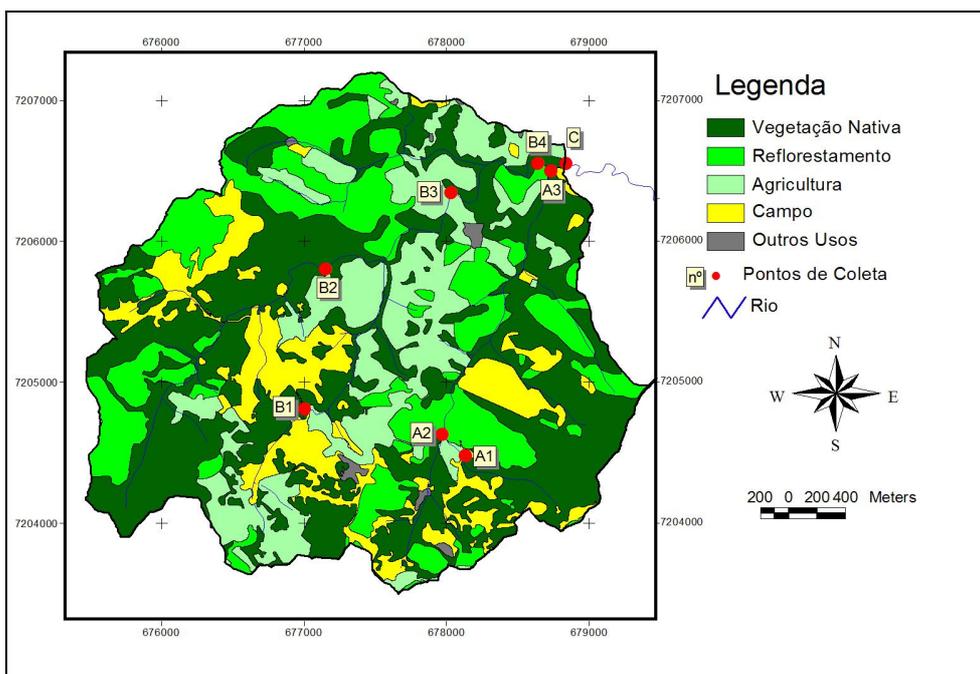


FIGURA 2 – MAPA DE USO DO SOLO E REPRESENTAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

TABELA 3 – ÁREA (ha e %) DOS USOS DO SOLO EM RELAÇÃO AOS PONTOS DE COLETA NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, PR.

Pontos de coleta	Localização (UTM)		Área (ha)	Uso do solo									
	X	Y		Vegetação nativa		Reflorestamento		Agricultura		Campo		Outros Usos	
				ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>A1</b>	677997,9	7204479,0	35	26	74	4	11	0	0	6	17	0	0
<b>A2</b>	677833,7	7204628,2	134	64	48	37	28	8	6	25	19	2	1,5
<b>A3</b>	678595,3	7206497,2	331	164	50	89	27	28	8	48	15	2	0,6
<b>B1</b>	676865,9	7204811,5	99	42	42	4	4	32	32	21	21	1	1
<b>B2</b>	677013,2	7205802,6	267	61	23	140	52	13	5	54	20	0	0
<b>B3</b>	677893,9	7206343,0	515	225	44	82	16	118	23	87	17	2	0,4
<b>B4</b>	678504,4	7206552,4	675	274	41	144	21	163	24	90	13	5	0,7
<b>C</b>	678702,4	7206553,3	1010	440	44	234	23	192	19	138	14	6	0,6
Subbacia A (pontos A1, A2 e A3)			331	164	50	89	27	28	8	48	15	2	0,6
Subbacia B (pontos B1, B2, B3 e B4)			675	274	41	144	21	163	24	90	13	5	0,7
Subbacia C (ponto C)			1010	440	44	234	23	192	19	138	14	6	0,6

Na área de estudo, de 1010 ha (área total), 440 ha são cobertos com vegetação nativa, caracterizada predominantemente por matas secundárias em diferentes estágios de regeneração (FIGURA 3), 234 ha com reflorestamento, formada por bracatinga e eucalipto, 192 ha é agricultura, predominantemente com cultivo de diversas hortaliças (FIGURA 4), entre elas alface (*Lactuca sativa*), acelga (*Beta vulgaris L.*), couve (*Brassica oleracea L.*), brócolis (*Brassica oleracea var. Italica Plenck*), couve-flor (*Brassica oleracea var. botrytis*), abobrinha (*Cucurbita pepo L.*), beterraba (*Beta vulgaris L.*), pepino (*Cucumis sativus L.*), tomate (*Lycopersicon esculentum.*), pimentão (*capsicum annum.*), feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris L.*), 138 ha de campos, os quais representam a vegetação rasteira destinada ou não a alimentação de animais, e 3 ha com outros usos, o que agrupa pequenos vilarejos da comunidade rural de Campestre, pequenas áreas de banhado e solos expostos utilizados para a exploração de calcário.

A agricultura, conforme descrito anteriormente, baseada na produção de hortaliças, caracteriza-se pelo modelo de agricultura familiar, com a utilização predominante do sistema de preparo do solo convencional com aração e gradagem motomecanizadas, adubação com fertilizantes minerais além de receber também adubação com cama de aves e aplicação de agrotóxicos. Em algumas propriedades utiliza-se o sistema de cultivo orgânico, com aplicação de cama de aves como fertilizante orgânico e preparo do solo predominantemente com tração animal. Em ambos os sistemas é freqüente a utilização da água dos córregos para a irrigação das hortaliças.

A partir do mapa de uso do solo (FIGURA 2) foi determinada a área de preservação permanente (APP) (FIGURA 5 e TABELA 4). Aplicou-se a rotina buffer do software IDRISI 32, estabelecendo a distância de 30 metros para cada lado do canal de drenagem de acordo com EASTMAN (1999).



FIGURA 3 – ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA PRÓXIMO AO PONTO A1 (NASCENTE) DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR



FIGURA 4 – ÁREA DA MICROBACIA, ENTRE OS PONTOS DE COLETA B3 e B4 DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR



TABELA 4 – ÁREA (ha e %) DE VEGETAÇÃO NATIVA E DEMAIS USOS DE SOLO, DENTRO DA APP, NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Pontos de Coleta	Uso do solo										Área total de APP ha
	Vegetação nativa		Reflorestamento		Agricultura		Campo		Outros Usos		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
A1	4,54	94,3	0,00	0,0	0,00	0,0	0,27	5,7	0,00	0,0	4,81
A2	11,46	69,7	0,94	5,7	1,13	6,9	2,49	15,2	0,42	2,5	16,44
A3	26,61	60,1	9,89	22,3	2,86	6,4	4,52	10,2	0,42	0,9	44,29
B1	1,74	19,5	0,00	0,0	3,73	41,9	3,43	38,6	0,00	0,0	8,90
B2	20,93	66,7	2,26	7,2	1,65	5,2	6,54	20,9	0,00	0,0	31,38
B3	35,28	55,0	4,23	6,6	11,87	18,5	12,73	19,9	0,00	0,0	64,12
B4	49,26	55,1	10,07	11,3	16,87	18,9	12,86	14,4	0,36	0,4	89,43
C	76,82	56,9	20,21	15,0	19,73	14,6	17,50	13,0	0,78	0,6	135,04
Subbacia A (pontos A1, A2 e A3)	26,61	60,1	9,89	22,3	2,86	6,4	4,52	10,2	0,42	0,9	44,29
Subbacia B (pontos B1, B2, B3 e B4)	49,26	55,1	10,07	11,3	16,87	18,9	12,86	14,4	0,36	0,4	89,43
Subbacia C (ponto C)	76,82	56,9	20,21	15,0	19,73	14,6	17,50	13,0	0,78	0,6	135,04

TABELA 5 – DISTÂNCIA MÉDIA (m) ENTRE OS USOS DO SOLO E O RIO NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Pontos de Coleta	Uso do solo				
	Vegetação nativa	Reflorestamento	Agricultura	Campo	Outros Usos
	Distância (m)				
A1	107,58	149,94	-	110,44	-
A2	114,10	173,51	119,63	124,20	28,47
A3	120,74	130,28	120,75	123,46	28,47
B1	184,56	208,60	146,48	142,44	159,90
B2	127,70	230,36	92,49	154,24	-
B3	128,15	209,93	125,11	141,02	154,40
B4	120,81	180,59	119,04	139,95	54,77
C	120,42	161,08	119,28	134,06	40,56
Subbacia A (pontos A1, A2 e A3)	120,74	130,28	120,75	123,46	28,47
Subbacia B (pontos B1, B2, B3 e B4)	120,81	180,59	119,04	139,95	54,77
Subbacia C (ponto C)	120,42	161,08	119,28	134,06	40,56

A declividade (FIGURA 6 e TABELA 6) foi determinada a partir das cartas planialtimétricas da COMEC referentes ao ano de 1987 na escala de 1:10.000, com curvas de nível a cada 5 m em meio digital (COMEC, 2002), fornecidos por ALMEIDA (2006).

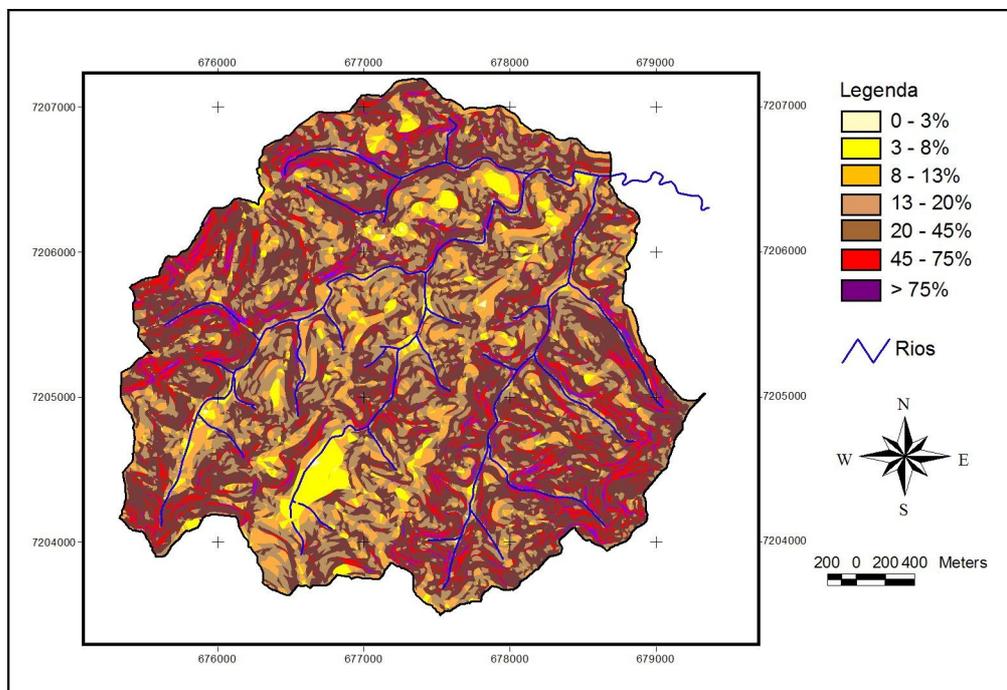


FIGURA 6 – MAPA DE DECLIVIDADE DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO – PR

TABELA 6 – ÁREA (ha e %) POR CLASSES DE DECLIVE NOS PONTOS DE COLETA DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Pontos de Coleta	Classes de declive														
	0 - 3		3-8		8-13		13 - 20		20 - 45		45 - 75		>75		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
A1	Agricultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	0	0,2	0,8	4,3	20,2	7,3	2,7							
A2	Agricultura	0,1	0,8	0,6	6,5	2,9	33,2	2	22,9	2,9	34	0,2	2,3	0	0,5
	Total	0,2	2,4	12,3	25,1	69,2	19,7	5,8							
A3	Agricultura	0,1	0,4	1,1	3,8	7,7	26,8	7,6	26,6	10,6	37	1,3	4,6	0,2	0,8
	Total	0,5	6,6	36,3	68,2	164,3	43,1	12,1							
B1	Agricultura	0,1	0,2	4,2	13	7,4	23,2	10,5	32,8	8,8	28	0,9	2,8	0,1	0,3
	Total	0,7	17	20,4	27,8	28,8	4,2	0,9							
B2	Agricultura	0,1	0,6	1,3	9,8	3,4	26,7	4,2	33,1	3,5	28	0,3	2	0	0,1
	Total	0,8	10	36,3	59,9	123	30,2	6,8							
B3	Agricultura	0,5	0,4	9,9	8,3	25,2	21,3	39,6	33,4	39,7	34	3,1	2,6	0,5	0,5
	Total	2,2	35	81,5	133	211,6	41,9	9,8							
B4	Agricultura	0,5	0,3	14	8,7	32,2	19,8	51	31,3	58	36	5,8	3,6	1,3	0,8
	Total	2,5	44	104	170	284,4	56,6	14,1							
C	Agricultura	0,6	0,3	15	7,9	40,4	21	58,9	30,5	68,8	36	7,2	3,7	1,6	0,8
	Total	3,1	50	141	240	450	100	26,2							
Subbacia A (pontos A1, A2 e A3)	Agricultura	0,1	0,4	1,1	3,8	7,7	26,8	7,6	26,6	10,6	37	1,3	4,6	0,2	0,8
	Total	0,5	6,6	36,3	68,2	164,3	43,1	12,1							
Subbacia B (pontos B1, B2, B3 e B4)	Agricultura	0,5	0,3	14	8,7	32,2	19,8	51	31,3	58	36	5,8	3,6	1,3	0,8
	Total	2,5	44	104	170	284,4	56,6	14,1							
Subbacia C (ponto C)	Agricultura	0,6	0,3	15	7,9	40,4	21	58,9	30,5	68,8	36	7,2	3,7	1,6	0,8
	Total	3,1	50	141	240	450	100	26,2							

O cultivo agrícola na microbacia (ponto C), conforme pode ser observado na Tabela 6, ocorre predominantemente em áreas com declividade elevada (aproximadamente 70% da agricultura esta em área com declividade superior a 13%), o que potencializa as perdas de solo e água e conseqüentemente a contaminação dos cursos d'água bem como perda econômica com a redução da produção.

## 2.2 Coletas das amostras de água superficial

A qualidade da água foi avaliada em oito pontos da rede de drenagem da Microbacia, conforme Figura 1. Além da apresentação dos dados de cada ponto, estes também foram apresentados por subbacias (A, B e C). A subbacia A refere-se aos pontos de coleta A1, A2 e A3, sendo que o ponto A3 representa toda a subbacia A, recebendo a contribuição dos pontos A2 e A1. A subbacia B refere-se aos pontos B1, B2, B3 e B4, sendo que o ponto B4 representa toda a subbacia B, recebendo a contribuição dos pontos B2, B3 e B1. O ponto C

será representado pelo ponto de coleta C que representa a saída da microbacia hidrográfica, ou seja, da subbacia A mais subbacia B.

A coleta da água superficial foi efetuada mensalmente, iniciada em outubro de 2007 até outubro de 2008, com exceção do mês de janeiro de 2008, que não foi coletado. A coleta foi efetuada sempre no mesmo local de amostragem, no centro do rio a 5 cm de profundidade.

As amostras foram coletadas em garrafas de 1 litro, devidamente lavadas com detergentes, solução de ácido clorídrico e enxaguadas com água destilada. Para determinação da demanda biológica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e turbidez, as amostras foram coletadas em garrafas de âmbar. Para as outras determinações, estas foram coletadas em garrafas de plástico. Para a determinação da demanda química de oxigênio (DQO), utilizou-se uma garrafa separada a qual foi acidificada com ácido sulfúrico concentrado. Para coliformes, os quais foram somente determinados nos pontos A1, B3 e C foram utilizados saquinhos esterilizados do Kit Colilert. Todas as amostras de água após a coleta foram armazenadas em caixas térmicas resfriadas para o transporte até o laboratório.

### **2.3 Análise das amostras de água superficial**

Foram analisados os parâmetros químicos e físicos (temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio na forma de amônio, nitrogênio na forma de nitrato, fósforo total, fósforo particulado, fósforo solúvel e sólidos totais) e parâmetros biológicos (coliformes fecais e totais).

Todas as determinações foram feitas em laboratório, exceto temperatura, a qual foi determinada a campo, diretamente no rio, através do termômetro (APHA, 1995). As amostras coletadas para DQO, DBO, turbidez, e coliforme total e fecal foram imediatamente analisadas após a coleta no Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPR. As amostras coletadas para determinação de nutrientes foram congeladas para posterior análise no laboratório de Biogeoquímica da UFPR.

A DQO foi determinada pela quantificação da matéria orgânica oxidada, através da digestão com o reagente químico dicromato de potássio, modificado para baixas concentrações, e titulação com sulfato ferroso amoniacal, em aparelho de refluxo aberto por duas horas na presença de catalisador sulfato de prata, seguindo a metodologia descrita em APHA (1995).

A DBO<sub>5</sub> foi quantificada pela diferença entre o oxigênio dissolvido encontrado no dia de coleta e após cinco dias de incubação a 20° C. Para determinação do oxigênio dissolvido foram utilizados os reagentes: sulfato manganoso e iodeto de azida (método Winkler modificado pela azida sódica), conforme descrito em APHA (1995).

A determinação do oxigênio dissolvido (OD) no dia da coleta, como descrito anteriormente, foi realizado em laboratório na mesma amostra de determinação da DBO<sub>5</sub> pelo método Winkler modificado pela azida sódica (APHA, 1995). Recomenda-se que a determinação de OD seja efetuada preferencialmente a campo, no entanto na impossibilidade de execução a campo, a amostra deve ser coletada com cuidado para evitar a oxigenação, ou seja, a água deve preencher completamente a garrafa.

A turbidez foi determinada em laboratório no turbidímetro da marca Del Lab modelo DLM 200B, de acordo com APHA (1995).

A quantificação dos coliformes foi determinada pelo método Cromogênico, através do kit Colilert (*Idexx/Quanti-tray*) o qual detecta coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia coli*) em amostras de água através da reação com ONPG (o-nitro fenil-beta-D-galactopiranosídeo) e MUG (4metilumbeliferil-beta-D-glucoronida), respectivamente. Foram feitas diluições de 10<sup>3</sup>, 10<sup>3</sup> e 10<sup>2</sup> para os pontos C, B3 e A1, respectivamente. Em balões volumétricos esterilizados foram colocadas amostras de água diluídas e o meio de cultura, que possui quantidade exata para análise de 100 mL de água. Após preparo das amostras, estas foram colocadas em cartelas próprias (*quanti-tray*), com 97 quadrículas que depois de seladas foram colocadas para incubação em estufa a 35 °C por 24 hs. Na leitura das cartelas, as quadrículas em amarelo foram consideradas positivas para coliformes totais e em câmara fluorescente, as quadrículas azuis são positivas para os coliformes fecais (*Escherichia coli*). O número mais provável (NMP) de coliformes fecais foi obtido em tabela fornecida pelo próprio fabricante.

O pH e a condutividade elétrica foram medidos em laboratório no mesmo dia da coleta utilizando-se um peagâmetro e um condutivímetro, respectivamente.

Para a determinação de sólidos totais foi retirada uma alíquota bem homogeneizada de 20 mL e colocada para secagem em estufa a 105°C.

Para a determinação de nutrientes na forma solúvel (fósforo, amônio e nitrato), as amostras descongeladas foram filtradas com membrana de éster de celulose de 0,45 micrômetros (APHA, 1995).

O fósforo, amônio e nitrato solúvel foram determinados em espectrofotômetro em comprimento de onda de 880, 640 e 220 nm, respectivamente.

O fósforo solúvel foi determinado pelo método do ácido ascórbico, baseado na redução do complexo fosfatomolibdico de amônio pelo ácido ascórbico na presença do antimônio (APHA, 1995). No entanto, os valores de fósforo solúvel na maioria das amostras foram zero, e portanto, esta forma de fósforo não foi considerada na análise e discussão dos dados. O fósforo particulado foi obtido por diferença entre o fósforo total e o fósforo solúvel, porém como os valores de fósforo solúvel foram zero, o resultado de fósforo particulado foi igual ao fósforo total, e portanto também não foi considerada na análise e discussão dos dados.

O amônio solúvel foi determinado pelo método do fenol. Este método baseia-se no princípio de que em meio alcalino e na presença do catalisador nitroprussiato, o amônio reage com o fenol e com o hipoclorito sódico, formando o azul de indofenol, tornando possível a determinação por colorimetria (APHA, 1995).

O nitrato foi determinado por espectrofotometria de absorção ultravioleta com utilização do zinco metálico para determinação das interferências (NORMAN & STUCKI, 1981; HEINZMANN et al., 1984). Foram preparadas duas séries de amostras, com e sem zinco. A série com zinco foi preparada 24 horas antes da leitura, e a sem zinco imediatamente antes da leitura, sendo a leitura das duas séries realizada no mesmo dia.

Para a determinação do nitrogênio e do fósforo total as amostras foram digeridas com a solução digestora Kjeldahl (APHA, 1995). Foram utilizadas alíquotas de 20 mL das amostras não filtradas e estas adicionadas a 10 mL da solução digestora (ácido sulfúrico, sulfato de potássio e o catalisador sulfato cúprico). As amostras foram levadas para digerir em bloco digestor até atingir a temperatura de 375°C. Depois colocadas em balões volumétricos de 50 mL, os quais foram completados com água deionizada. O nitrogênio Kjeldahl foi determinado em espectrofotômetro sob comprimento de onda de 640 nm, seguindo a mesma metodologia utilizada para determinar o amônio solúvel e o teor de fósforo total foi determinado em espectrofotômetro sob comprimento de onda de 880 nm, seguindo a mesma metodologia utilizada para determinar o fósforo. É importante salientar que será considerado Nitrogênio Kjeldahl, ao invés de Nitrogênio total, porque esta metodologia utilizada não quantifica o nitrogênio na forma de nitrato.

O nitrogênio particulado foi obtido por diferença entre Nitrogênio Kjeldahl e nitrogênio solúvel na forma de amônio, e representa o nitrogênio associado ao sedimento, tanto na forma orgânica como mineral.

Para a comparação dos valores obtidos através dos parâmetros foi utilizada a resolução do CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que estabelece o enquadramento dos cursos de

água e limites máximos permitidos de poluentes, considerando os diferentes usos da água. Na microbacia em estudo será considerado a seção I das águas doces referente à classe 1, para ambiente lótico, pois se refere a águas continentais moventes e uso da água para a irrigação de hortaliças consumidas cruas. A água de Classe 1 prevê os seguintes usos:

- a) abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

#### **2.4 Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos a diferentes análises. A primeira foi o teste Kruskal-Wallis ou teste H que analisa individualmente as variáveis e permitindo avaliar a capacidade discriminante de cada variável (parâmetros físicos, químicos e biológicos) para os diferentes grupos de dados (subbacias). Este é um método não-paramétrico da análise da variância e foi escolhido, porque não necessita de suposições de normalidades das variáveis e homogeneidade das variâncias, somente organiza os dados e cria postos para a análise. A segunda análise foi a minimização do parâmetro Wilks Lambda que pertence à análise de variância multivariada. Neste caso, as variáveis selecionadas no primeiro teste são analisadas em conjunto verificando a capacidade do conjunto de variáveis em explicar a variância total do sistema. O objetivo dos dois testes é determinar o conjunto de variáveis capazes de discriminar as diferenças espaciais (subbacias) e sazonais (épocas do ano). A terceira análise foi a de regressão múltipla com o objetivo de avaliar a relação entre o uso do solo e componentes ambientais (variáveis independentes) com os parâmetros de qualidade de água (variáveis dependentes). Nesta análise, para cada variável dependente relaciona-se variáveis independentes, também para identificar e quantificar aquelas que contribuem para descrever a variabilidade da variável dependente.

Para verificar a diferença espacial, foram realizadas análises entre as subbacias A e B e C, considerando a média dos pontos correspondentes aquela subbacia bem como os pontos de coleta no exutório das subbacias. Foram também avaliadas as diferenças entre os pontos de cada subbacia para verificar o efeito da área das bacias. A subbacia A é constituída pelos

pontos de coleta A1, A2 e A3, a subbacia B pelos pontos de coleta B1, B2, B3 e B4, e a subbacia C pelo ponto de coleta C, ou seja, representa toda a microbacia (subbacia A+B), recebendo a contribuição de todos os pontos de coleta.

Para verificar a diferença sazonal foram considerados dois grupos: verão (outubro/2007 a abril/2008) e inverno (maio/2008 a setembro/2008) sendo utilizada a média de todos os pontos de coleta para cada período sazonal.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Efeito do uso do solo e componentes ambientais na qualidade da água**

As diferenças espaciais entre as subbacias A e B foram realizadas de duas formas como descrito no item 2.4, uma considerando a média dos pontos de coleta da subbacia e outra considerando somente o ponto de coleta exutório da referida subbacia. Em ambas as análises, todos os parâmetros, exceto sólidos totais, foram diferentes entre a subbacia A e B. A média anual de todos os parâmetros e dos pontos de coleta dentro da subbacia, com exceção da turbidez e da temperatura foram maiores na subbacia B, indicando uma menor qualidade da água superficial nesta subbacia (TABELA 7). Isto possivelmente deve-se ao uso do solo e componentes ambientais desfavoráveis em relação a subbacia A. Da área total de cada subbacia A e B, 24 e 8%, respectivamente, é utilizada com cultivo agrícola (TABELA 3) e desta, 71% e 69%, respectivamente, está em declives superiores a 13% (TABELA 6). Além disso, 19% da área de preservação permanente da subbacia B está ocupada com agricultura, enquanto que na subbacia A somente 6% da área de preservação permanente está ocupada com agricultura (TABELA 4). Estes fatores indicam um maior potencial de perda de solo e água e conseqüentemente de transporte de poluentes do solo para a água evidenciada pelas maiores concentrações de nitrogênio e fósforo em todas as formas bem como da demanda química e bioquímica de oxigênio. YANG et al. (2007) e YANG & ZHANG (2003) observaram que a concentração de amônio, nitrato, nitrogênio total, fósforo solúvel, fósforo particulado e fósforo total diminuiu exponencialmente com o aumento da área ocupada com floresta em uma microbacia de 407 hectares monitorada semanalmente durante um ano na região subtropical da China. Com relação aos outros parâmetros de qualidade, ARCOVA & CICCIO (1999), observaram que a qualidade da água no que se refere a temperatura, OD, turbidez, CE e cor foi superior nas microbacias florestadas em relação a outros usos. DONADIO et al. (2005) comparando nascentes com uso agrícola e com vegetação nativa

observaram nestas últimas as menores médias, em geral, para todas as variáveis físico e químicas analisadas (pH, cor, temperatura, turbidez, alcalinidade, dureza total, dureza em magnésio, dureza em cálcio, fósforo, nitrogênio total, e demanda bioquímica de oxigênio).

TABELA 7 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NAS SUBBACIAS A E B DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR, NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007-OUTUBRO/2008

Indicadores	Subbacia A <sup>1</sup>	Subbacia B <sup>1</sup>	Valor de H <sup>2</sup>
N Kjeldahl (mg L <sup>-1</sup> )	5,38	6,15	57,03
N particulado (mg L <sup>-1</sup> )	4,94	5,66	55,74
N-Amônio (mg L <sup>-1</sup> )	0,44	0,49	33,48
N-Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	1,42	1,66	51,83
P total (mg L <sup>-1</sup> )	0,137	0,144	13,90
pH	7,44	7,94	23,04
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	7,20	11,18	39,35
Turbidez (NTU)	9,27	8,82	57,37
Temperatura (°C)	17,27	17,07	12,78
OD (mg L <sup>-1</sup> )	7,89	8,34	33,37
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	0,86	0,88	37,72
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	9,37	10,07	31,77

<sup>1</sup> Subbacia A: média dos pontos de coleta A1, A2 e A3; Subbacia B: médias dos pontos de coleta B1, B2, B3 e B4.

<sup>2</sup> Para todas as variáveis o teste é significativo para p=0,0005

Apesar da subbacia A apresentar menor porcentagem de agricultura (8%) (TABELA 3) e menor área de preservação ocupada com agricultura (6%) (TABELA 4), observa-se maiores valores de turbidez e temperatura (TABELA 7). Entre os pontos de coleta A2 e A3 está localizado um tanque de piscicultura, o que pode provocar o aumento da temperatura pela absorção do calor pela água do tanque e o aumento da turbidez pelo excesso de sedimentos. No entanto, na análise entre os pontos A1, A2, A3 não se observa diferença em relação a temperatura, o que indica portanto que a maior temperatura na subbacia A deve-se possivelmente ao fato de que os pontos de amostragem A2 e A3 estão em locais com vegetação arbustiva e campo, respectivamente. Enquanto que na subbacia B, a maioria dos pontos de coleta está sob vegetação arbórea. Com relação a turbidez (TABELA 8) observa-se diferença entre os pontos da subbacia A, no entanto, a grande contribuição deve-se ao ponto A2, possivelmente por este estar localizado próximo a uma estrada, podendo receber a

contribuição desta nos eventos de precipitação intensa. O oxigênio dissolvido foi menor na subbacia A o que poderia indicar também uma menor qualidade, ou seja, maiores teores de matéria orgânica na água, no entanto os parâmetros de demanda química e bioquímica de oxigênio não confirmam essa hipótese. Possivelmente a menor concentração de oxigênio dissolvido deve-se a menor turbulência nos pontos de coleta da subbacia A. A possibilidade da temperatura interferir no resultado do oxigênio dissolvido também não se comprova, pois as determinações de oxigênio dissolvido foram realizadas em laboratório com correção da temperatura.

Conforme descrito no item Materiais e Métodos, utilizaremos o termo Nitrogênio Kjeldahl, ao invés de Nitrogênio total, porque a metodologia utilizada não quantifica o nitrogênio na forma de nitrato, e portanto, Nitrogênio Kjeldahl se refere ao amônio solúvel mais o nitrogênio associado ao sedimento, tanto na forma orgânica como mineral, o qual nos referimos a Nitrogênio particulado.

As maiores concentrações médias de N Kjeldahl e N particulado foram encontradas nos pontos C e B4 (TABELA 8). O ponto C recebe toda a contribuição da microbacia (subbacia C), e o ponto B4 recebe toda a contribuição da subbacia B. Essas subbacias apresentam as maiores áreas de contribuição bem como as maiores porcentagens de agricultura, 24 e 19%, respectivamente (TABELA 3) e menores porcentagens de área de preservação permanente ocupada por vegetação nativa, 55 e 56%, respectivamente (TABELA 4). A subbacia C possui 81% da área com declividade acima de 13% (TABELA 6), e 71% da área agrícola está em declives superiores a 13% (TABELA 6). O transporte de sedimentos para os cursos de água é potencializado em áreas com cultivo intensivo de olerícolas especialmente em áreas declivosas, o que possivelmente explica as maiores concentrações de N associado ao sedimento. RAMOS (2009), em experimento conduzido em encostas dentro da área de abrangência do nosso estudo obteve valores de 29,7; 27,5; e 26,1 mg L<sup>-1</sup> de N Kjeldahl, respectivamente para os sistemas de produção de olerícolas convencional e orgânico e mata, respectivamente. Da mesma forma que neste experimento, RAMOS (2009) observou que o N particulado representa quase que a totalidade do N Kjeldahl.

Na comparação entre os pontos de coleta de cada subbacia todas as formas de nitrogênio (N Kjeldahl, N particulado, N-amônio e N-nitrato) se diferenciaram, e de acordo com a análise de regressão múltipla. Os fatores porcentagem de agricultura, porcentagem de Floresta + Reflorestamento, porcentagem de área de preservação permanente ocupada com agricultura e área de contribuição da subbacia interferiram significativamente nos resultados.

No que se refere ao P total, esperava-se a mesma tendência do N Kjeldahl, no entanto, as diferenças ocorreram somente entre os pontos de coleta da subbacia A e de acordo com a análise de regressão múltipla, este não foi afetado significativamente pelo uso do solo e dos componentes ambientais. Um dos fatores que pode estar contribuído para esta incoerência é o efeito diluição pelo fato do fósforo total apresentar resultados analíticos muito menores em relação ao N total.

A análise de indicadores de qualidade de água do escoamento superficial no final de encostas dentro da área de abrangência do nosso estudo com produção de olerícolas no sistema de produção orgânico e convencional, durante 1 ano, conduzida por RAMOS (2009) mostrou maiores concentrações de P total nas encostas com sistema de produção convencional com maiores perdas de solo e água. O valor médios anual de P total no escoamento destas encostas, foi de 5,30; 0,92 e 0,30 mg L<sup>-1</sup>, para as encostas com sistemas convencional, orgânico e mata, respectivamente. Quando comparamos com os dados da microbacia, observamos valores muito inferiores (0,14 mg L<sup>-1</sup> de P total, média de todos os pontos de coleta), o que nos permite concluir que a água do rio apresenta uma melhor qualidade em comparação a encosta. Os dados da encosta mostram o potencial poluidor considerando que o escoamento atinja os corpos de água, em contrapartida, os menores valores encontrados nos pontos de coleta do rio mostram que parte do escoamento está sendo filtrado, possivelmente em função da grande percentagem da microbacia ocupada com Floresta (66,7% da microbacia apresenta vegetação nativa e reflorestamento). No entanto é importante salientar, que as coletas de água na microbacia foram realizadas na sua maioria em dias sem ocorrência de precipitação, e que possivelmente coletas durante ou após eventos de precipitação resultariam em valores maiores.

O teor de P solúvel nas amostras foi determinado, mas não foi possível identificar valores superiores a zero em nenhum ponto de coleta, o que nos permite dizer que todo o P encontrado encontra-se aderido aos sedimentos. No entanto, parte deste sedimento encontra-se na forma biodisponível, o qual não foi determinado nesse estudo. No trabalho com as encostas dentro da área de abrangência do nosso estudo com produção de olerícolas RAMOS (2009) observou que 83%, 8% e 44% do P particulado em sistema de produção de olerícolas nos sistemas orgânico, convencional e mata estava biodisponível, respectivamente. O P particulado biodisponível representa o potencial de contaminação em curto prazo já que está prontamente disponível para as plantas e organismos aquáticos, já o particulado não biodisponível representa uma fonte de poluição em longo prazo.

No ponto de coleta A1, o qual representa a área de nascente, são observadas as menores médias de turbidez, temperatura, nitrato, amônio, CE, pH, DBO e P total (TABELA 8). Neste ponto de coleta, não ocorre agricultura, e 74% da área é coberta por vegetação nativa e ainda 100% da área de preservação permanente é ocupada por vegetação nativa (TABELA 4). As menores médias dos parâmetros analisados nesse ponto refletem o efeito da presença de mata nativa tanto na área de preservação como fora dela. De modo geral observa-se um aumento na concentração de N, P DBO, DQO e CE com o aumento de área com agricultura, no entanto esta tendência fica bem evidenciada na condutividade elétrica. Quanto maior a área com agricultura maior a concentração de íons na água (FIGURA 7), caracterizando o potencial de transporte de nutrientes em áreas agrícolas.

A presença de coliformes fecais no ponto de coleta A1 (nascente) foi observado somente em uma data de coleta, em outubro de 2007, e possivelmente ocorreu devido a contaminação por dejetos de animais que circulam na mata.

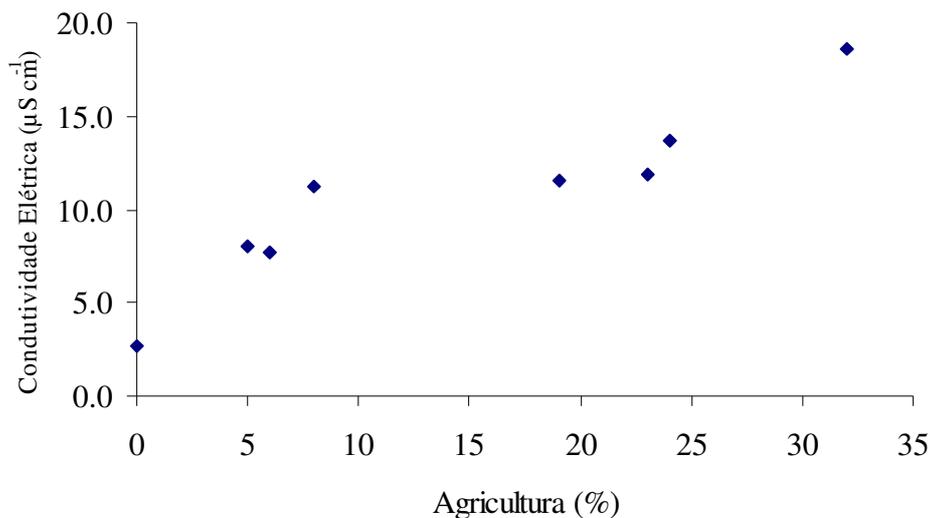


FIGURA 7 – RELAÇÃO ENTRE PERCENTAGEM DE AREA COM AGRICULTURA E CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) DA ÁGUA SUPERFICIAL NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR.

TABELA 8– CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL ( $\pm$  DESVIO PADRÃO) DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA NOS DIFERENTES PONTOS DE COLETA) NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE NO PERÍODO DE OUTUBRO/2007-OUTUBRO/2008

Indicadores	Ponto A1	Ponto A2	Ponto A3	Ponto B1	Ponto B2	Ponto B3	Ponto B4	Ponto C
N Kjeldahl (mg L <sup>-1</sup> )	5,54 $\pm$ 4,57	5,10 $\pm$ 3,35	5,50 $\pm$ 3,87	4,78 $\pm$ 3,72	6,03 $\pm$ 4,57	5,63 $\pm$ 3,64	6,79 $\pm$ 4,81	6,85 $\pm$ 4,53
N-Amônio (mg L <sup>-1</sup> )	0,40 $\pm$ 0,24	0,48 $\pm$ 0,22	0,45 $\pm$ 0,28	0,41 $\pm$ 0,23	0,52 $\pm$ 0,29	0,44 $\pm$ 0,35	0,51 $\pm$ 0,36	0,53 $\pm$ 0,21
N Particulado (mg L <sup>-1</sup> )	5,14 $\pm$ 4,63	4,62 $\pm$ 3,43	5,08 $\pm$ 4,03	4,38 $\pm$ 3,77	5,5 $\pm$ 4,5	5,19 $\pm$ 3,63	6,29 $\pm$ 4,88	6,32 $\pm$ 4,59
N-Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	1,19 $\pm$ 1,13	1,45 $\pm$ 0,87	1,62 $\pm$ 0,70	1,71 $\pm$ 0,76	1,48 $\pm$ 0,73	1,72 $\pm$ 0,81	1,78 $\pm$ 0,49	1,71 $\pm$ 0,71
P total (mg L <sup>-1</sup> )	0,13 $\pm$ 0,04	0,16 $\pm$ 0,07	0,13 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,04	0,17 $\pm$ 0,09	0,14 $\pm$ 0,05
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	225,83 $\pm$ 143,98	254,17 $\pm$ 130,49	275 $\pm$ 164,46	254,17 $\pm$ 130,49	279,58 $\pm$ 159,4	208,33 $\pm$ 104,08	183,75 $\pm$ 150,7	242,08 $\pm$ 171,03
pH	6,57 $\pm$ 0,63	7,84 $\pm$ 0,62	7,91 $\pm$ 0,54	8,3 $\pm$ 0,89	7,81 $\pm$ 0,58	8 $\pm$ 0,73	8 $\pm$ 0,71	8,03 $\pm$ 0,73
CE ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	2,71 $\pm$ 0,48	7,7 $\pm$ 1,69	11,21 $\pm$ 0,84	18,63 $\pm$ 7,58	7,99 $\pm$ 0,69	11,82 $\pm$ 1,66	13,72 $\pm$ 1,36	11,54 $\pm$ 2,98
Turbidez (UNT)	2,78 $\pm$ 2,55	11,66 $\pm$ 12,68	13,37 $\pm$ 10,19	10,68 $\pm$ 13,4	7,96 $\pm$ 5,24	8,82 $\pm$ 8,67	9,68 $\pm$ 10,49	12,28 $\pm$ 10,94
Temperatura (°C)	16,95 $\pm$ 1,5	17,78 $\pm$ 1,5	17,08 $\pm$ 1,41	17,82 $\pm$ 1,97	17,5 $\pm$ 1,6	16,91 $\pm$ 1,52	16,8 $\pm$ 1,67	16,73 $\pm$ 1,39
OD (mg L <sup>-1</sup> )	7,7 $\pm$ 0,95	7,83 $\pm$ 0,71	8,16 $\pm$ 0,79	7,4 $\pm$ 1,09	8,11 $\pm$ 0,82	8,52 $\pm$ 1	8,4 $\pm$ 0,74	8,6 $\pm$ 0,99
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	0,65 $\pm$ 0,88	0,81 $\pm$ 0,68	1,11 $\pm$ 0,91	1,18 $\pm$ 0,96	0,84 $\pm$ 0,92	0,92 $\pm$ 0,94	0,89 0,68	1,31 $\pm$ 0,92
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	7,2 $\pm$ 5,8	11,75 $\pm$ 9,91	9,17 $\pm$ 8,29	22,58 $\pm$ 22,05	6,21 $\pm$ 6,86	13,23 $\pm$ 8,33	10,77 11,62	14,42 $\pm$ 13,03
Coliformes fecais (NMP)	16,67 57,74	- -	- -	- -	- -	833,33 $\pm$ 2037,5	- -	1083,33 $\pm$ 2065,2

### 3.2 Efeito das estações inverno e verão na qualidade da água.

O teste estatístico Kruskal-Wallis, utilizando os períodos do ano como forma de agrupamento dos dados e utilizando todos os pontos de coleta como repetições, mostra diferença sazonal para os parâmetros N Kjeldahl, amônio, N particulado, nitrato, P total, sólidos totais, turbidez, oxigênio dissolvido e pH (TABELA 9). Considerando o teste Kruskal-Wallis em cada subbacia, ou seja, subbacia A (média dos pontos de coleta A1, A2 e A3) e subbacia B (média dos pontos de coleta B1, B2, B3 e B4), observa-se a significância dos mesmos parâmetros descritos acima, exceto turbidez que não foi significativa para a subbacia A. O N particulado, nitrato e P total, juntamente com os parâmetros OD, DBO, pH, turbidez e sólidos totais explicam 76% da variação sazonal na microbacia considerando a análise estatística Wilk Lambda.

TABELA 9 – MÉDIA DOS INDICADORES DE QUALIDADE NAS ESTAÇÕES DE INVERNO (OUT-ABR) E VERÃO (MAI-SET) NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

Indicadores	Verão	Inverno	Valor de H
N Kjeldhal (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	7,69	4,46	24,0
N-NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	0,35	0,55	19,1
N particulado (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	7,35	3,91	26,2
N-NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	1,19	1,85	22,3
P Total (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	0,12	0,15	12,5
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	192,1	278,8	11,3
Turbidez (UNT) <sup>1</sup>	9,66	4,91	6,2
pH <sup>1</sup>	8,26	7,38	38,3
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	10,98	10,0	0,039
Temperatura (°C)	17,49	16,9	0,69
OD (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	7,55	8,69	29,6
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	0,78	1,11	1,2
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	9,37	8,94	1,0
Coliformes fecais (NMP)	7733,	0	

<sup>1</sup> Significante estatisticamente entre o período de inverno e verão para p=0,0005

A maior concentração média de N Kjeldahl e N particulado no verão (TABELA 9) deve-se possivelmente ao maior volume de precipitação (TABELA 2 e 3) coincidindo com um período de maior uso agrícola da terra, e conseqüentemente, maior aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais. Os agricultores também cultivam hortaliças no inverno, no entanto, é predominante esse cultivo na estação de verão, estando, portanto uma grande parte das áreas agrícolas em pousio na estação de inverno, o que significa solo coberto na sua maioria com plantas espontâneas. Maiores concentrações de nutrientes em água superficial normalmente são encontradas em períodos de maior precipitação (TAKEDA et al., 2009; DONADIO et al., 2005; NGOYE & MACHIWA, 2004). Com relação ao P total, também esperava-se este comportamento, no entanto, as concentrações médias foram maiores no inverno, concordando com os resultados de CARVALHO et al. (2000), os quais observaram maiores concentrações tanto de N como de P no inverno, em dois rios na região de São Carlos, estado de São Paulo. É importante salientar, como já descrito anteriormente, que no presente trabalho, as concentrações de P total comparadas com as de N total (Kjeldahl) foram muito menores, e que, portanto o efeito de diluição poderia estar afetando os resultados de P e não os de N total.

PALÁCIO et al. (2009) observaram uma grande influencia da sazonalidade na definição da similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia Curu, Ceará, monitorada em sete pontos nos meses de janeiro a agosto de 2005. Segundo os autores, este estudo mostrou uma maior influencia da variação sazonal do que a espacial na definição da similaridade da qualidade das águas. No entanto, é importante considerar, que no presente estudo, as datas de coleta na sua maioria não coincidiram com dias de intensa precipitação, exceto no mês de dezembro, onde a coleta ocorreu logo após uma precipitação de (80 mm). Neste sentido, possivelmente o efeito sazonalidade não apresentará grande influência, considerando que a área de estudo está localizada nas cabeceiras de drenagem, e portanto a contribuição do escoamento superficial na qualidade da água ocorre fundamentalmente durante o evento de precipitação ou logo após deste. Isto caracteriza a importância da coleta de amostras durante e após eventos de precipitação, principalmente para verificar o efeito do escoamento superficial nos parâmetros de qualidade de água.

Esperava-se que a condutividade elétrica aumentasse no período do verão em função do uso mais intensivo de fertilizantes e também da maior precipitação, o que de fato ocorreu na área de estudo (TABELA 9), apesar da menor concentração de amônio, nitrato e fósforo solúvel observada no período de verão. As menores concentrações de amônio, nitrato e fósforo solúvel no verão também não eram esperadas, mas da mesma forma que para P total,

podem ter sofrido o efeito diluição, e no caso do nitrogênio também o efeito da lixiviação pela ocorrência de maior precipitação no verão.

A turbidez e os sólidos totais se diferenciaram estatisticamente entre as estações de verão e inverno (TABELA 9), no entanto, estes apresentaram comportamentos distintos, o que não era esperado. A turbidez indica a refração de raios de luz emitidos por um equipamento que passa pela amostra, sendo afetado então pelos sólidos totais que podem ser de origem orgânica ou inorgânica. Neste trabalho, esperava-se na estação de verão uma maior concentração de sólidos totais nas amostras de água, em função da maior precipitação e uso da terra nessa estação, no entanto, não ocorreu. Isto, conforme descrito anteriormente, deve-se possivelmente ao fato que apenas uma amostragem ocorreu em dia após precipitação (13/12/2007), com de 80 mm de chuva.

Os valores médios de pH na microbacia durante o verão e inverno foram 8,3 e 7,4, respectivamente (TABELA 9). As maiores precipitações, aliadas ao período de maior uso do solo com aplicação de fertilizantes e corretivos possivelmente ocasionou um maior pH da água no verão, como constatou CARVALHO et al. (2000) ao contrário de ZIMMERMANN et al. (2000) que encontrou no período de menor precipitação elevação de pH na avaliação da qualidade da água no rio Tibagi. Enquanto DONADIO et al. (2005) não encontrou variação sazonal de pH. A região de Colombo – PR é caracterizada pela exploração de calcário podendo elevar o pH da água nessa região como um todo.

Os pontos de coleta A1, B3 e C foram analisados em relação à presença de coliformes fecais (TABELA 8 e 9), mas somente nas três primeiras coletas de verão eles foram detectados, o que pode ser explicado pela alta precipitação nesse período, concordando com CARVALHO et al. (2000) e SOUZA & TUNDISI (2003) que registraram os mais altos valores de coliformes fecais no período de verão. No mês de dezembro de 2007 foi registrada a maior precipitação e a vazão dos córregos observada no dia da coleta estava acima do normal, ultrapassando a margem do rio, o que pode ter contribuído para o transporte de coliformes para dentro do rio.

Em relação ao efeito sazonal em cada ponto de coleta, avaliados individualmente pelo teste Kruskal-Wallis (TABELA 10), observa-se variação principalmente em função dos nutrientes, pH e OD, semelhante à análise conjunta dos pontos (TABELA 7). Para a análise Wilk Lambda, estes parâmetros explicam mais que 80% da variação sazonal (TABELA 10).

TABELA 10 – DIFERENÇA SAZONAL PARA OS TESTES KRUSKALL-WALLIS E WILK LAMBDA POR PONTO DE COLETA DA MICROBACIA NO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

<b>Pontos de coleta</b>	<b>Teste Kruskall-Wallis Parâmetros significativos</b>	<b>Teste Wilk Lambda. – Parâmetros significativos e (% de contribuição)</b>	
<b>A1</b>	P total, pH e OD	pH, DQO, DBO e N particulado	94
<b>A2</b>	N-Amônio, pH e OD	pH, T, DQO, N Kjeldhal e ST	90
<b>A3</b>	N Kjeldhal e N particulado	N particulado, OD, N-nitrato e CE	95
<b>B1</b>	pH e OD	OD e T°C	88
<b>B2</b>	N-Amônio, pH e OD	pH, N particulado e OD	83
<b>B3</b>	N Kjeldhal, N particulado, P total, pH	pH, ST, T e DQO	89
<b>B4</b>	DQO, OD e ST	OD, N-nitrato, CE, N-amônio e N particulado	99
<b>C1</b>	N particulado, N-nitrato e pH	pH, N particulado, CE, T, N Kjeldhal e P total	100

### 3.3 Parâmetros de qualidade da água em relação à Legislação Brasileira

Em relação aos parâmetros considerados pela resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), apenas o P total não se enquadra nos valores máximos permitidos para água doce de classe 1 (TABELA 11). O teor médio anual de P total na microbacia foi 0,14 mg L<sup>-1</sup>, e o limite máximo permitido é de 0,1 mg L<sup>-1</sup> (TABELA 11). O demais parâmetro (DBO, OD, turbidez, N-nitrato, N-amônio e coliformes fecais) encontram-se de acordo com a legislação.

O teor de N total ou Kjeldhal não é regulamentado pela legislação brasileira, mas de acordo com SMITH et al. (1999), teores de N total acima de 1,5 mg L<sup>-1</sup> de N total, caracteriza ambientes eutróficos em rios. Para lagos, os teores estariam entre 0,65 e 1,2 mg L<sup>-1</sup> de N total. Ambientes oligotróficos em rios deveriam ter menos que 0,7 mg L<sup>-1</sup> de N total. Portanto, considerando os limites estabelecidos por SMITH et al. (1999), a microbacia com média de 5,78 mg L<sup>-1</sup> de N Kjeldhal, estaria acima do nível crítico associado com eutrofização. Para P total, SMITH et al. (1999) associa a ambiente eutrofizado de rios a teores acima de 0,075 mg L<sup>-1</sup>.

Apesar do uso intensivo com produção de hortaliças em 19% da microbacia, esta é constituída também por 44% de vegetação nativa e 23% de reflorestamento, o que de certa forma favorece a qualidade da água na microbacia. Além disso, a boa distribuição espacial das áreas com agricultura cercada por mata ou mesmo por pastagens (campo) (FIGURA 2)

possivelmente também diminuem o potencial poluidor desta atividade. Os resultados médios anuais da microbacia evidenciam o efeito diluição. Apesar de existirem áreas com um grande potencial poluidor, por exemplo, áreas agrícolas próximas ao rio sem preservação permanente, existem muitas outras que amenizam este efeito. É importante salientar que estes resultados referem-se ao período de um ano, e com somente uma coleta após uma chuva intensa. Conforme apresentado anteriormente, a análise de indicadores de qualidade de água do escoamento superficial no final de encostas dentro da área de abrangência do nosso estudo com produção de olerícolas no sistema de produção orgânico e convencional, durante um ano, desenvolvido por RAMOS (2009) mostrou maiores perdas de água, solo e nutrientes inclusive na encosta testemunha com mata secundária.

TABELA 11 – LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 357/2005 EM ÁGUA DOCE DE CLASSE 1 (BRASIL, 2005) E TEORES MÉDIOS ANUAIS ENCONTRADOS NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

<b>Indicadores de qualidade de água</b>	<b>Valores máximos permitidos</b>	<b>Valores médios da microbacia</b>
DBO 5 dias a 20°C (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	3	0,95
OD (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Não inferior a 6	8,12
Turbidez (UNT)	40	7,28
pH	6,0 a 9,0	7,82
P total em ambiente lótico (mg L <sup>-1</sup> )	0,1	0,14
N-Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	10	1,52
N-amoniaco total (mg L <sup>-1</sup> )	3, mg L <sup>-1</sup> para pH < 7,5 2,0 mg L <sup>-1</sup> para 7,5 < pH < 8,0 1,0 mg L <sup>-1</sup> para 8,0 < pH < 8,5 0,5 mg L <sup>-1</sup> para pH > 8,5	0,45
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (NMP)	não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral	107

#### 4. CONCLUSÃO

De modo geral a qualidade da água foi inferior na subbacia com maior porcentagem de agricultura sendo afetada também pela porcentagem de floresta (nativa ou reflorestamento), porcentagem de área de preservação permanente com agricultura e área de contribuição da subbacia.

Na estação de verão, provavelmente em função da maior precipitação e uso do solo, ocorreram as maiores concentrações de N Kjeldahl e N particulado, bem como de condutividade elétrica, pH, turbidez e coliformes fecais, no entanto, a diferença sazonal mostrou algumas incoerências, possivelmente pelo efeito diluição e também pelo fato das coletas ocorrem na sua maioria em datas distantes de eventos de precipitação.

Todos os parâmetros analisados, exceto o P total, estão de acordo com a Resolução Conama 357/2005 para água doce de classe 1, porém cabe ressaltar que o monitoramento realizado refere-se ao escoamento de base e que não representa uma condição de descarga, já que as coletas não foram realizadas durante ou próximas do evento de precipitação.

Os teores médios de P total e N Kjeldahl estão associados a ambientes eutróficos em rios, no entanto muito inferiores aos resultados de encostas dentro da mesma microbacia, indicando a importância da área com floresta bem como da boa espacialização das áreas agrícolas, na qualidade da água superficial.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. **Mudanças técnicas na agricultura: perspectivas da transição agro ambiental em Colombo – PR.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2003.
- ANDRADE, N. L. R.; SANCHES, L.; PINTO JUNIOR, O. B. ; DIAS, C. A.A.; NOGUEIRA, J.S. Macro-nutrientes no lençol freático em floresta intacta, floresta de manejo e pastagem no norte de Mato Grosso. **Acta Amazônica** v. 38, n. 4, p. 667-672, 2008.
- APHA, A.E.G.; AWWA, A.D.E.; WEF, L.S.C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. **Washington D.C.: American Public Health Association**, 1995.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região do Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 125-134, 1999.
- BITTENCOURT, S.; GOBBI, E. F. Carga máxima de fósforo admissível ao reservatório Piraquara II, uma aplicação do processo TMDL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 595 – 603, 2006.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Humano e Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005.** Brasília 23p.
- CARVALHO, A. R.; SCHLITTER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.
- CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá – MG. **Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 3, p. 165-172, 2004.
- COMEC. Região Metropolitana de Curitiba. Levantamento aerofotogramétrico. Escala 1:10.000, 1987. **Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba**, 2001.
- DIEBEL, M. W.; MAXTED, J. T.; ROBERTSON, D. M.; HAN, S.; ZANDE, M. J. V. Landscape Planning for Agricultural Nonpoint Source Pollution Reduction III: Assessing Phosphorus and Sediment Reduction Potential. **Environmental Management**, v. 43, p. 69–83, 2009.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.
- EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná, **Boletim Técnico**. v. 2, n. 57, 1984.
- EMBRAPA. Mapa de solos do Estado do Paraná: **Legenda atualizada**. Londrina: EMBRAPA/IAPAR, 74p, 2008

EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and image processing**. Worcester, Clark University, 193p, 1999.

FEIDEN, A. & HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenis de Piracanjuba (*Brycon orbignyannus*), Vallencienes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. *Semina: Ciências Agrárias*, v.26, n. 4, p. 591- 600, 2005.

MINEROPAR. **Mapeamento Geológico – Geotécnico nas folhas CONGE A 100, A 103, A 093**. Projeto Geotécnica – Região metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1997.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, L. S. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

HEINZMANN, F.X.; MIYAZAWA, M. PAVAN, M.A. Determinação de nitrato em extratos de solos ácidos por espectrometria de absorção ultravioleta. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 8, p.159-163, 1984.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia análise & dados**, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003.

IAP. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba**, no período de 1992 a 2005. Curitiba, 2005.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná – Histórico de Precipitação**, 2009. Acesso em < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php/conteudo/863>> acesso em 01/06/2009.

MAXTED, J. T.; DIEBEL, M. W.; ZANDEN, M. J. V. Landscape Planning for agricultural Non–Point Source Pollution Reduction. II. Balancing Watershed Size, Number of Watersheds, and Implementation Effort. **Environmental Management**. v. 43, p. 60–68, 2009.

MEHAFFEY, M. H.; NASH, M. S.; WADE, T. G.; EBERT, D. W.; JONES, K. B.; RAGER, A. Linking land cover and water quality in New York City’s water supply watersheds. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 107, p. 29–44, 2005.

MERTEN, G. H. & MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, 2002

NGOYE, E.; MACHIWA, J. The influence of land-use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. **Physics and Chemistry of the Earth**. v. 29, p. 1161 - 1166, 2004.

NORMAN, R.J.; STUCKI, J.W. The determination of nitrate and nitrite in soils extracts by ultraviolet spectrophotometry. **Soil Science Society of American Journal**. v.45, p.347-353, 1981.

PELES, D. **Perda de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Paraná, 2007, 84 p.

PELLEGRINI, J. B. R.; SANTOS, D. R.; GONÇALVES, C.S.; COPETTI, A.C.C.; BORTOLUZZI, E. C. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.2639-2646, 2008.

RAMOS, M. R. **Atributos físicos e perda de solo, água e nutrientes em encostas sob sistema de produção de hortaliças convencional e orgânico**. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Paraná, 2009, 74p.

RODERJAN, C.V. & STRUMINSKI, E. Caracterização e proposta de manejo da Serra da Baitaca - Quatro Barras - PR 102p. **Relatório técnico**, Curitiba: FUPEF/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1992.

LAL R. & STEWART, B. A. Soil process and water quality. In: R. LAL & B. A. STEWART (Eds.) **Soil processes and water quality**. CRC Press, Boca Raton, FL., p.163-222, 1994.

SOUZA, A. D. G.; TUNDISI, J. G. Water Quality of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a Case Study. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 711-721, 2003.

SHARPLEY, A. N.; CHAPRA, S. C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J. T.; DANIEL, T. C.; REDDY, K. R. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **Journal of Environmental Quality**, v.23, p.437-451, 1994.

SOARES, M. G. J.; MELLEK, J. E.; ORRUTÉA, A. G.; KUMMER, L.; NUNES, T.; BARROS, Y. J.; ANDRETTA, R.; FAVARETTO, N.; SOUZA, L. C.P. Potencial de uso agrícola e fragilidade ambiental da microbacia do rio Campestre, Colombo – PR. **Scientia Agrária**, v. 9, p. 587-596, 2008.

TAKEDA, I.; FUKUSHIMA, A.; SOMURA, H. Long-term trends in water quality in an under-populated watershed and influence of precipitation. **Journal of Water and Environment Technology**, Vol. 7, No. 4, 2009.

VON SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1, Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2 Ed. **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais**, 1996.

YANG, J.; ZHANG, G. & ZHAO, Y. Land use impact on nitrogen discharge by stream: a case study in subtropical hilly region of China. **Nutr Cycl Agroecosyst**, v. 77, p. 29 – 38, 2007.

YANG, J. & ZHANG, G. Quantitative relationship between land use and phosphorus discharge in subtropical hilly regions of China. **Pedosphere**. v. 13, p. 67 – 74, 2003.

ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARÃES, O. M.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008.

## ANEXOS

ANEXO 1 – CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO KJELDAHL ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

N Kjeldahl ( $\text{mg L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	7,59	6,60	9,80	6,21	4,23	5,58	7,71	10,62	7,29
Novembro/2007	12,24	5,91	7,42	9,99	8,20	5,26	6,90	11,34	8,41
Dezembro/2007	11,04	3,19	8,47	4,88	2,45	7,73	11,45	11,86	7,63
Fevereiro/2008	2,64	2,06	3,76	3,05	3,05	1,97	2,91	3,67	2,89
Março/2008	10,98	7,24	9,83	12,99	13,24	10,42	14,49	9,42	11,08
Abril/2008	9,87	4,70	3,87	4,88	13,40	11,73	11,02	11,20	8,83
Mai/2008	3,32	11,06	2,32	3,35	6,37	7,91	11,48	2,96	6,10
Junho/2008	1,38	3,33	2,65	1,52	1,55	2,65	1,96	2,83	2,23
Julho/2008	0,45	10,62	12,25	6,43	11,14	8,28	9,36	12,07	8,83
Agosto/2008	5,38	4,45	3,91	2,48	6,32	4,16	2,13	3,62	4,06
Setembro/2008	0,72	0,84	0,92	0,89	1,23	1,05	1,25	1,66	1,07
Outubro/2008	0,80	1,20	0,83	0,67	1,12	0,76	0,86	0,93	0,90
Média anual	5,54	5,10	5,50	4,78	6,03	5,63	6,79	6,85	5,78

ANEXO 2 – CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO-AMÔNIO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

N-Amônio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	0,16	0,32	0,26	0,16	0,16	0,14	0,21	0,34	0,22
Novembro/2007	0,19	0,28	0,24	0,37	0,20	0,17	0,27	0,21	0,24
Dezembro/2007	0,15	0,12	0,20	0,12	0,40	0,20	0,13	0,36	0,21
Fevereiro/2008	0,12	0,41	0,24	0,37	0,44	0,17	0,21	0,35	0,29
Março/2008	0,61	0,30	0,70	0,55	1,12	0,24	0,51	0,65	0,58
Abril/2008	0,58	0,61	0,58	0,27	0,57	0,77	0,45	0,64	0,56
Mai/2008	0,30	0,40	0,84	0,21	0,33	0,25	0,55	0,61	0,44
Junho/2008	0,24	0,76	0,18	0,51	0,23	0,33	0,20	0,32	0,35
Julho/2008	0,34	0,58	0,18	0,58	0,53	1,26	1,12	0,79	0,67
Agosto/2008	0,63	0,41	0,29	0,25	0,62	0,30	0,43	0,50	0,43
Setembro/2008	0,68	0,84	0,85	0,89	0,88	0,69	1,25	0,86	0,87
Outubro/2008	0,79	0,72	0,79	0,67	0,79	0,75	0,74	0,70	0,74
Média anual	0,40	0,48	0,45	0,41	0,52	0,44	0,51	0,53	0,47

ANEXO 3 – CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO PARTICULADO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

N particulado ( $\text{mg. L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	7,43	6,28	9,54	6,05	4,07	5,45	7,50	10,27	7,07
Novembro/2007	12,05	5,63	7,42	9,62	8,00	5,09	6,63	11,13	8,20
Dezembro/2007	10,89	3,08	8,27	4,88	2,06	7,53	11,32	11,50	7,44
Fevereiro/2008	2,52	1,64	3,52	2,68	2,61	1,80	2,70	3,32	2,60
Março/2008	10,38	6,95	9,13	12,44	12,12	10,19	13,98	8,77	10,50
Abril/2008	9,29	4,09	3,28	4,61	12,83	10,95	10,56	10,55	8,27
Maió/2008	3,02	10,66	1,48	3,14	6,04	7,67	10,93	2,35	5,66
Junho/2008	1,15	2,57	2,47	1,02	1,32	2,33	1,76	2,51	1,89
Julho/2008	0,11	10,03	12,06	5,85	10,61	7,02	8,24	11,28	8,15
Agosto/2008	4,75	4,04	3,63	2,22	5,70	3,86	1,70	3,12	3,63
Setembro/2008	0,04	0,00	0,07	0,00	0,35	0,36	0,00	0,79	0,20
Outubro/2008	0,01	0,48	0,04	0,00	0,33	0,01	0,12	0,23	0,15
Média anual	5,14	4,62	5,08	4,38	5,50	5,19	6,29	6,32	5,31

ANEXO 4 – CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO - NITRATO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

N-Nitrato ( $\text{mg. L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	0,33	1,42	1,73	1,00	0,76	0,89	1,16	1,19	1,06
Novembro/2007	1,40	1,47	1,32	1,88	1,99	1,47	1,38	1,34	1,53
Dezembro/2007	0,46	1,52	1,58	2,51	1,34	2,40	2,39	2,29	1,81
Fevereiro/2008	0,32	0,73	0,83	1,22	1,19	1,10	1,85	0,98	1,03
Março/2008	0,32	0,56	0,72	0,74	0,94	0,96	1,56	0,84	0,83
Abril/2008	0,32	0,74	1,44	1,20	0,29	1,05	1,22	0,95	0,90
Maió/2008	0,28	0,54	1,45	1,13	1,02	1,02	1,49	2,40	1,17
Junho/2008	0,31	0,61	0,71	1,22	1,17	1,09	1,35	1,02	0,93
Julho/2008	2,33	1,59	2,03	1,53	2,29	2,91	1,89	2,36	2,12
Agosto/2008	2,82	2,71	2,40	2,41	1,72	2,36	2,10	2,44	2,37
Setembro/2008	2,90	2,65	2,60	3,05	2,66	2,53	2,46	2,53	2,67
Outubro/2008	2,54	2,82	2,69	2,67	2,39	2,83	2,52	2,25	2,59
Média anual	1,19	1,45	1,62	1,71	1,48	1,72	1,78	1,71	1,58

ANEXO 5 – CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL(mg L<sup>-1</sup>) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

P total (mg L <sup>-1</sup> )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09	0,12	0,11	0,14	0,11
Novembro/2007	0,10	0,13	0,11	0,12	0,11	0,16	0,12	0,11	0,12
Dezembro/2007	0,11	0,10	0,09	0,13	0,14	0,13	0,11	0,16	0,12
Fevereiro/2008	0,12	0,14	0,08	0,07	0,08	0,10	0,12	0,09	0,10
Março/2008	0,10	0,16	0,11	0,12	0,13	0,15	0,32	0,10	0,15
Abril/2008	0,11	0,11	0,10	0,10	0,14	0,12	0,13	0,17	0,12
Mai/2008	0,09	0,23	0,19	0,13	0,10	0,09	0,34	0,13	0,16
Junho/2008	0,17	0,10	0,12	0,14	0,14	0,15	0,13	0,13	0,14
Julho/2008	0,10	0,33	0,17	0,18	0,21	0,17	0,18	0,15	0,19
Agosto/2008	0,11	0,10	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08	0,10	0,09
Setembro/2008	0,21	0,19	0,19	0,22	0,17	0,18	0,16	0,24	0,19
Outubro/2008	0,17	0,16	0,19	0,22	0,15	0,18	0,24	0,21	0,19
Média anual	0,13	0,16	0,13	0,14	0,13	0,14	0,17	0,14	0,14

ANEXO 6 – CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS (mg L<sup>-1</sup>) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

Sólidos totais (mg. L <sup>-1</sup> )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	5,00	50,00	100,00	50,00	5,00	200,00	5,00	50,00	58,13
Novembro/2007	50,00	150,00	250,00	300,00	250,00	250,00	250,00	250,00	218,75
Dezembro/2007	250,00	150,00	50,00	200,00	150,00	250,00	200,00	400,00	206,25
Fevereiro/2008	250,00	200,00	50,00	300,00	300,00	50,00	50,00	50,00	156,25
Março/2008	5,00	200,00	300,00	50,00	50,00	50,00	150,00	200,00	125,63
Abril/2008	350,00	400,00	550,00	200,00	350,00	300,00	350,00	600,00	387,50
Mai/2008	200,00	300,00	400,00	400,00	500,00	350,00	100,00	400,00	331,25
Junho/2008	200,00	300,00	300,00	300,00	250,00	100,00	100,00	5,00	194,38
Julho/2008	350,00	200,00	500,00	400,00	200,00	250,00	200,00	150,00	281,25
Agosto/2008	450,00	550,00	150,00	150,00	400,00	200,00	50,00	250,00	275,00
Setembro/2008	350,00	300,00	300,00	450,00	450,00	150,00	200,00	300,00	312,50
Outubro/2008	250,00	250,00	350,00	250,00	450,00	350,00	550,00	250,00	337,50
Média anual	225,83	254,17	275,00	254,17	279,58	208,33	183,75	242,08	240,36

ANEXO 7 – pH NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

pH	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	6,73	8,93	8,30	9,59	9,09	9,47	9,21	9,45	8,85
Novembro/2007	6,88	8,92	8,40	9,71	8,82	8,92	9,32	8,27	8,66
Dezembro/2007	7,53	7,90	8,42	8,87	7,53	8,30	7,97	7,70	8,03
Fevereiro/2008	6,58	8,29	9,04	9,39	7,53	8,88	8,64	9,27	8,45
Março/2008	6,63	8,24	7,98	8,40	7,68	7,93	8,18	8,40	7,93
Abril/2008	5,32	7,47	7,99	8,24	7,82	7,86	7,90	8,40	7,63
Mai/2008	5,57	7,46	7,58	7,62	7,26	7,58	7,42	7,61	7,26
Junho/2008	6,79	7,48	7,53	7,66	7,81	7,57	7,51	7,38	7,47
Julho/2008	7,29	7,62	7,55	7,89	7,86	7,67	7,75	7,47	7,64
Agosto/2008	6,48	7,23	7,33	7,33	7,36	7,21	7,44	7,41	7,22
Setembro/2008	6,83	7,37	7,40	7,53	7,70	7,43	7,33	7,36	7,37
Outubro/2008	6,23	7,15	7,43	7,32	7,22	7,22	7,36	7,62	7,19
Média anual	6,57	7,84	7,91	8,30	7,81	8,00	8,00	8,03	7,81

ANEXO 8 – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	2,65	7,28	13,00	19,73	8,26	12,46	15,53	14,29	11,65
Novembro/2007	2,62	8,85	12,00	22,30	8,30	13,62	15,29	4,92	10,99
Dezembro/2007	3,37	9,52	10,69	23,30	6,83	11,76	12,01	11,86	11,17
Fevereiro/2008	2,50	8,89	10,75	20,80	6,65	11,60	12,97	12,63	10,85
Março/2008	2,43	8,02	10,26	24,40	7,69	10,00	15,46	12,84	11,39
Abril/2008	1,40	7,80	12,38	20,50	8,34	11,52	11,13	5,68	9,84
Mai/2008	3,00	8,00	11,00	22,00	9,00	12,00	13,00	12,00	11,25
Junho/2008	3,00	8,00	11,00	23,00	8,00	13,00	14,00	13,00	11,63
Julho/2008	2,90	7,50	10,70	19,60	8,20	12,00	13,30	12,70	10,86
Agosto/2008	2,90	8,50	11,20	2,60	8,20	13,50	14,40	13,30	9,33
Setembro/2008	2,80	2,80	10,30	2,80	8,70	7,60	14,06	12,80	7,73
Outubro/2008	2,90	7,20	11,20	22,50	7,70	12,80	13,50	12,50	11,29
Média anual	2,71	7,70	11,21	18,63	7,99	11,82	13,72	11,54	10,66

ANEXO 9 –TURBIDEZ (UNT) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA  
MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

Turbidez (UNT)	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	1,75	4,36	8,67	6,85	7,36	7,10	10,62	10,41	7,14
Novembro/2007	2,86	9,49	19,43	9,00	12,47	14,72	12,93	13,85	11,84
Dezembro/2007	10,32	36,55	17,99	22,36	18,22	17,36	15,23	17,59	19,45
Fevereiro/2008	1,81	10,72	10,25	5,06	8,23	6,30	10,32	18,17	8,86
Março/2008	1,34	8,29	9,74	5,52	5,48	5,91	4,42	8,23	6,12
Abril/2008	1,47	3,28	9,67	4,57	4,58	3,89	4,24	4,71	4,55
Mai/2008	3,42	4,85	7,91	4,71	3,56	4,09	4,22	5,75	4,81
Junho/2008	0,93	2,80	2,25	1,74	2,23	1,48	1,35	2,20	1,87
Julho/2008	2,46	5,84	5,84	6,48	3,53	3,32	3,11	5,73	4,54
Agosto/2008	1,00	8,09	8,16	5,91	6,42	4,85	5,03	6,35	5,73
Setembro/2008	2,09	5,63	19,89	5,91	6,42	4,79	4,64	11,25	7,58
Outubro/2008	3,88	39,96	40,66	50,00	17,02	32,03	40,02	43,12	33,34
Média anual	2,78	11,66	13,37	10,68	7,96	8,82	9,68	12,28	9,65

ANEXO 10 – TEMPERATURA (C°) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA  
MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

Temperatura (C°)	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	15,40	16,9	16,60	16,30	16,50	16,20	16,30	16,40	16,33
Novembro/2007	15,00	16,7	15,60	15,80	15,90	15,40	15,20	15,50	15,64
Dezembro/2007	15,80	18,2	17,00	17,50	16,90	16,60	16,50	17,10	16,95
Fevereiro/2008	17,70	20,1	19,40	20,90	19,60	18,10	19,60	19,10	19,31
Março/2008	17,00	18	19,00	20,00	19,00	18,00	19,00	19,50	18,69
Abril/2008	19,00	20,7	16,20	19,70	18,50	19,60	15,40	15,20	18,04
Mai/2008	19,00	17	17,50	19,00	18,00	17,00	16,90	15,50	17,49
Junho/2008	17,00	17	17,50	17,50	18,00	17,00	17,00	15,50	17,06
Julho/2008	18,00	17	17,00	18,00	18,00	17,00	17,00	16,00	17,25
Agosto/2008	18,00	18,8	18,00	17,90	18,00	17,00	17,80	17,00	17,81
Setembro/2008	14,50	15,4	14,20	13,70	13,60	13,40	13,40	17,10	14,41
Outubro/2008	17,00	17,5	17,00	17,50	18,00	17,60	17,50	16,80	17,36
Média anual	16,95	17,78	17,08	17,82	17,50	16,91	16,80	16,73	17,19

ANEXO 11 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	7,2	7,16	7,32	6,9	7,38	7,68	7,58	7,78	7,38
Novembro/2007	7,24	7,18	7,4	6,18	6,54	7,52	7,3	7,68	7,13
Dezembro/2007	6,2	7,74	7,4	7,56	7,6	8,14	7,34	7,84	7,48
Fevereiro/2008	6,96	7,08	7,48	6,26	7,54	7,48	7,94	9,34	7,51
Março/2008	7,72	7,4	8,14	7,34	7,48	8,04	8,2	8,72	7,88
Abril/2008	8,48	7,84	8,2	6,3	7,94	8,36	8,3	8,38	7,98
Mai/2008	8,8	7,4	7,52	6,72	8,94	9,12	8,9	9,22	8,33
Junho/2008	9,28	9,18	9,38	9,14	9,22	10,92	9,14	10,54	9,60
Julho/2008	7,1	8,3	9,32	8,8	8,38	9,1	9,12	9,52	8,71
Agosto/2008	8,9	8,28	9,08	8,42	8,94	9,32	9,24	8,84	8,88
Setembro/2008	7,08	8,98	8,78	8,68	8,62	8,82	9,3	8,46	8,59
Outubro/2008	7,38	7,38	7,88	6,54	8,78	7,76	8,42	6,84	7,62
Média anual	7,70	7,83	8,16	7,40	8,11	8,52	8,40	8,60	8,09

ANEXO 12 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

DQO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	0,70	3,20	0,19	6,40	1,60	3,20	8,00	0,22	2,94
Novembro/2007	9,23	10,77	6,15	20,00	20,00	6,15	10,77	10,77	11,73
Dezembro/2007	11,11	1,59	9,52	7,94	7,94	11,11	11,11	9,52	8,73
Fevereiro/2008	9,84	11,48	8,20	14,75	9,84	13,11	8,20	26,23	12,70
Março/2008	12,03	7,52	6,02	19,55	12,03	33,08	4,51	6,02	12,59
Abril/2008	8,22	13,70	1,37	15,07	4,11	5,48	9,59	2,74	7,53
Mai/2008	0,90	4,00	26,67	0,10	0,70	13,33	1,33	13,33	7,55
Junho/2008	14,57	11,92	11,92	15,89	15,89	9,27	14,57	6,62	12,58
Julho/2008	1,10	14,40	3,20	8,00	0,30	16,00	0,36	1,60	5,62
Agosto/2008	16,00	19,20	12,80	32,00	0,50	22,40	12,80	24,00	17,46
Setembro/2008	1,10	4,80	1,62	75,20	0,20	8,00	3,20	32,00	15,77
Outubro/2008	1,60	38,40	22,40	56,00	1,36	17,60	44,80	40,00	27,77
Média anual	7,20	11,75	9,17	22,58	6,21	13,23	10,77	14,42	11,91

ANEXO 13 –DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (mg L<sup>-1</sup>) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

DBO (mg L <sup>-1</sup> )	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C	Média
Outubro/2007	0,1	0,12	0,36	1,1	0,4	0,56	0,58	0,42	0,46
Novembro/2007	1,3	0,6	1,32	0,74	1,44	1,2	1,26	1,14	1,13
Dezembro/2007	0,2	1,24	0,2	1,88	0,1	1,4 0,04	0,02	0,32	0,67
Fevereiro/2008	0,48	0,92	1,28	0,98	0,82		1,66	3,54	1,22
Março/2008	0,02	0,5	0,34	0,4	0,04	1,04	0,64	0,86	0,48
Abril/2008	1,18	1,14	1,14	0,1	0,5	0,86	0,8	0,48	0,78
Mai/2008	0	0	0	0	1,44	0,32	0,56	2,52	0,61
Junho/2008	0	0,3	1,66	1,78	0,06	1,66	0,32	1,38	0,90
Julho/2008	0	0,74	1,82	2,62	0,26	0,68	0,64	1,28	1,01
Agosto/2008	0	0,22	1,48	1,88	0,06	0	0,18	1,64	0,68
Setembro/2008	2,12	2,32	3,22	2,62	2,3	3,32	2,06	1,1	2,38
Outubro/2008	2,38	1,64	0,52	0,02	2,68	0	1,94	1,06	1,28
Média anual	0,65	0,81	1,11	1,18	0,84	0,92	0,89	1,31	0,96

ANEXO 14 –COLIFORMES FECAIS (NMP) NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2007 A OUTUBRO DE 2008 NA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR

Coliformes fecais (NMP)	A1	B3	C	Média
Outubro/2007	200,00	1.000,00	3.000,00	1.400,00
Novembro/2007	0,00	2.000,00	4.000,00	2.000,00
Dezembro/2007	0,00	7.000,00	6.000,00	4.333,33
Fevereiro/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Março/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Julho/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro/2008	0,00	0,00	0,00	0,00
Média anual	16,67	833,33	1.083,33	644,44