

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAVEL

MAURO DA SILVA CREPALLI

CASCAVEL – Paraná – Brasil

Julho - 2007

MAURO DA SILVA CREPALLI

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz.

Co-orientadora: Prof^ª Dr^ª. Simone Damasceno Gomes

CASCAVEL – Paraná – Brasil

Julho - 2007

MAURO DA SILVA CREPALLI

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Fernando Hermes Passig
Universidade Federal Tecnológica do Paraná, UTFPR

Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Cascavel, 06 de julho de 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todos os momentos.

Aos meus pais, Jandira e José, por disponibilizar a infra-estrutura necessária à realização deste trabalho e pelo amor e pelo orgulho de tê-los ao meu lado.

A minha esposa, Juliana e meu querido filho João, por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, Silvio, Roseli e, principalmente, Carmem, por sempre me motivar a continuar até a conclusão deste Mestrado.

Ao meu querido irmão Sérgio, *in memoriam*, por sempre estar comigo em pensamento e espírito.

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, por acreditar e dar-me oportunidade da realização deste trabalho e por sua paciência e compreensão, pelos conselhos e pelo compartilhamento de seu precioso conhecimento.

A minha co-orientadora, Prof^ª Dr^ª. Simone Damasceno Gomes, por suas explicações, seus conselhos e pelo seu conhecimento.

Ao meu amigo Lisdefferson, o melhor técnico do laboratório da Hidrologia, por sua ajuda em campo e na Universidade.

Às minhas amigas do Laboratório de Saneamento Ambiental, Simone, Katiana, Dilcemara e Viviane, por seus conhecimentos e ensinamentos nas análises físico-químicas.

Aos motoristas, Ricardo, Márcio, Argeu e Sebastião, pelo transporte até os pontos de coleta da pesquisa.

Aos meus colegas do curso de mestrado Cris, Rodrigo e Lusiani, pelo apoio e ajuda nas horas mais importantes.

À secretária municipal do meio ambiente de Cascavel.

À CAPES, pela disponibilidade de bolsa de estudos que me possibilitou a dedicação integral ao aperfeiçoamento pessoal.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | v |
| LISTA DE TABELAS..... | v |
| LISTA DE FIGURAS..... | vi |
| LISTA DE FIGURAS..... | vi |
| RESUMO..... | viii |
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| ABSTRACT..... | ix |
| <u>1 INTRODUÇÃO.....</u> | <u>1</u> |
| <u>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u> | <u>3</u> |
| <u>2.1 O MUNICÍPIO DE CASCAVEL.....</u> | <u>3</u> |
| <u>2.2 CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE CASCAVEL.....</u> | <u>4</u> |
| <u>2.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS – RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....</u> | <u>5</u> |
| <u>2.4 QUANTIDADE E QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS.....</u> | <u>7</u> |
| <u>2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....</u> | <u>10</u> |
| <u>2.5.1 Áreas Rurais.....</u> | <u>10</u> |
| <u>2.5.2 Áreas Urbanas.....</u> | <u>12</u> |
| <u>2.6 O CONCEITO DE QUALIDADE DA ÁGUA.....</u> | <u>13</u> |
| <u>2.7 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....</u> | <u>14</u> |
| <u>2.7.1 Condutividade Elétrica.....</u> | <u>15</u> |
| <u>2.7.2 Turbidez.....</u> | <u>15</u> |
| <u>2.7.3 Temperatura da Água.....</u> | <u>16</u> |
| <u>2.7.4 Oxigênio Dissolvido.....</u> | <u>16</u> |
| <u>2.7.5 Potencial Hidrogeniônico - pH.....</u> | <u>17</u> |
| <u>2.7.6 DQO - Demanda Química de Oxigênio.....</u> | <u>17</u> |
| <u>2.7.7 Nitrogênio Total Kjeldahl.....</u> | <u>18</u> |
| <u>2.7.8 Fósforo.....</u> | <u>18</u> |
| <u>2.7.9 Coliformes Totais e Termotolerantes.....</u> | <u>19</u> |
| <u>2.8 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....</u> | <u>20</u> |

| | |
|--|-----------|
| <u>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</u> | <u>28</u> |
| <u>3.1 ÁREA EM ESTUDO.....</u> | <u>28</u> |
| <u>3.2 PONTOS DE COLETAS.....</u> | <u>28</u> |
| <u>3.2.1 Ponto de Coleta 1 (P1) – Área Urbana.....</u> | <u>29</u> |
| <u>3.2.2 Ponto de Coleta 2 (P2) – Área Rural.....</u> | <u>30</u> |
| <u>3.3 COLETA DAS AMOSTRAS.....</u> | <u>31</u> |
| <u>3.4 PARÂMETROS ANALISADOS.....</u> | <u>32</u> |
| <u>3.4.1 Medição da Vazão nos Pontos P1 e P2</u> | <u>32</u> |
| <u>3.4.2 Determinação das Velocidades de Fluxo.....</u> | <u>33</u> |
| <u>3.4.3 Coleta das Amostras de Água nos Pontos P1 e P2.....</u> | <u>35</u> |
| <u>3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS.....</u> | <u>36</u> |
| <u>3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....</u> | <u>37</u> |
| <u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u> | <u>38</u> |
| <u>4.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....</u> | <u>38</u> |
| <u>4.2 pH</u> | <u>40</u> |
| <u>4.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....</u> | <u>41</u> |
| <u>4.4 SÉRIES DE NUTRIENTES.....</u> | <u>42</u> |
| <u>4.4.1 Nitrogênio Total Kejdhal (NTK).....</u> | <u>42</u> |
| <u>4.4.2 Nitrito.....</u> | <u>43</u> |
| <u>4.4.3 Nitrato.....</u> | <u>45</u> |
| <u>4.4.4 Fósforo.....</u> | <u>46</u> |
| <u>4.5 TURBIDEZ.....</u> | <u>47</u> |
| <u>4.6 Cor</u> | <u>49</u> |
| <u>4.7 DQO</u> | <u>50</u> |
| <u>4.8 COLIFORMES TOTAIS.....</u> | <u>52</u> |
| <u>4.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....</u> | <u>53</u> |
| <u>4.10 CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON.....</u> | <u>55</u> |
| <u>5 CONCLUSÕES.....</u> | <u>57</u> |
| <u>REFERÊNCIAS.....</u> | <u>58</u> |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Cascavel... | 4 |
| Tabela 2 - Espaçamento das medições para uma boa representatividade do perfil do rio..... | 32 |
| Tabela 3 - Cálculo da velocidade média na vertical (método detalhado)..... | 33 |
| Tabela 4 - Equação de velocidade do molinete fornecido pelo fabricante..... | 33 |
| Tabela 5 - Valores de referências disponíveis na Resolução CONAMA 357/2005, para alguns parâmetros monitorados no presente trabalho | 37 |
| Tabela 6 - Parâmetros correlacionados com $R > 0,70$ e número de pares de dados de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 2 do rio Cascavel – PR em relação à vazão dos de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 2 do rio Cascavel – PR em relação à vazão..... | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta na Bacia do rio Cascavel. | 29 |
| Figura 2 - Ponto de coleta 1 com predominância de contribuição da área urbana..... | 30 |
| Figura 3 - Ponto de coleta 2 representando a secção de controle da área de drenagem referente às áreas urbana e rural..... | 31 |
| Figura 4 - Demarcação da seção escolhida..... | 32 |
| Figura 5 - Molinete MLN-07 e contador de pulsos..... | 33 |
| Figura 6 - Perfil de velocidades, pontos de medição e área de influência..... | 35 |
| Figura 7 - Equipamento DH-48 para coleta de amostras de água na secção do rio..... | 35 |
| Figura 8 - Valores de temperatura da água e oxigênio..... | 38 |
| Figura 9 - Variação do OD em função da vazão..... | 39 |
| Figura 10 - Valores de pH..... | 40 |
| Figura 11 - Variação do pH em função da vazão..... | 41 |
| Figura 12 - Variação da CE em função da vazão..... | 42 |
| Figura 13 - Variação da concentração de NTK em função da vazão..... | 43 |
| Figura 14 - Valores de nitrito..... | 44 |
| Figura 15 - Variação da concentração de nitrito em função da vazão..... | 44 |
| Figura 16 - Valores de nitrato..... | 45 |
| Figura 17 - Variação da concentração de nitrato em função da vazão..... | 46 |
| Figura 18 - Valores de fósforo total..... | 46 |
| Figura 19 - Variação da concentração de fósforo em função da vazão..... | 47 |
| Figura 20 - Valores de turbidez..... | 48 |
| Figura 21 - Variação da turbidez em função da vazão..... | 49 |
| Figura 22 - Valores da cor..... | 49 |
| Figura 23 - Variação da cor em função da vazão..... | 50 |
| Figura 24 - Variação da DQO em função da vazão..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 25 - Valores de coliformes totais..... | 52 |
| Figura 26 - Variação dos coliformes totais em função da vazão..... | 53 |
| Figura 27 - Valores de coliformes termotolerantes..... | 54 |
| Figura 28 - Variação dos coliformes termotolerantes em função da vazão..... | 55 |

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estabelecer a qualidade da água espaço-temporal referente a parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em função da vazão do rio Cascavel - PR, relacionados ao uso e ocupação do solo. Avaliou-se a qualidade das águas do rio Cascavel através da análise de parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez, cor, demanda química de oxigênio (DQO), nitrato, nitrito, nitrogênio total kejdhal, fósforo total e bacteriológico (coliformes totais e termotolerantes). Para realização do trabalho foram selecionados 2 pontos situados na bacia do rio Cascavel, um próximo à área urbana e outro na secção de controle da bacia. As coletas de amostras foram realizadas com periodicidade de 7 dias ou quando ocorreu aumento significativo da vazão do rio. Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram analisados de acordo com as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). Os parâmetros bacteriológicos foram analisados pelo método COLILERT (Cartelas). Os limites de tolerância utilizados para os parâmetros analisados foram os preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados de oxigênio dissolvido observados nos dois pontos ficaram abaixo dos valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, mesmo quando ocorreu aumento da vazão. A demanda química de oxigênio, os coliformes totais e termotolerantes demonstraram sensibilidades suficientes para representar alterações maiores na área urbana quando apresentaram menor vazão. Em relação aos nutrientes: fósforo total, nitrito e nitrato, sua vazão e incorporação no rio Cascavel sempre foi maior no ponto 2 (área rural) do que no ponto 1 (área urbana), porém em nenhum desses pontos excederam os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Em relação à turbidez, cor, condutividade elétrica e nitrogênio total kejdhal, não se mostraram sensíveis para diferenciar as alterações da qualidade da água do rio Cascavel provocada pelo uso urbano e rural, apresentando, porém uma forte correlação com a vazão, podendo comprometer futuramente a qualidade da água do rio em estudo.

Palavras-chave: físico-químico, microbiológico, vazão.

WATER QUALITY OF THE RIVER CASCAVEL

ABSTRACT

The objective of this paper was establishing a water spatial temporal quality, referring the physic-chemical and bacteriological parameters in function of the discharge of the river Cascavel - PR, which are related to the soil use and occupation. The water quality of Cascavel river has been evaluated through physic-chemical parameters: dissolved oxygen (DO), electrical conductivity, pH, water temperature, turbidity, color, chemical oxygen demand (COD), nitrate, nitrite, total kejdhal nitrogen, total phosphorus and bacteriological (total and thermotolerant coliforms). For this paper achievement 2 sites set in Cascavel river basin have been select, one of them is set near the urban area and the other one is set in the basin control section. The samples collection has been carried out in periodicity of 7 days or when a significant raise of the river discharge has happened. The physic-chemical and bacteriological parameters have been analyzed according to the methodologies which are described on *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). The bacteriological parameters have been analyzed through the COLILERT method (cellophanes). The used tolerance limits for the analyzed parameters were the expected ones by the CONAMA resolution 357/2005. The dissolved oxygen results which have been noticed in the two sites were under the expected values by CONAMA resolution 357/2005, even a discharge raise has happened. The chemical oxygen of demand, the total and termotolerantes coliforms have show enough sensibility in order to represent higher alterations in the urban area when they show fewer discharge. In relation to the total phosphorus nutrients, nitrite and nitrate, their discharge and incorporation in Cascavel river have always been higher in the second site (agricultural area) than in the first site (urban area), however in none of these sites the established values have exceeded by CONAMA resolution 357/2005. In relation to the turbidity, color, electrical conductivity and total kejdhal nitrogen, they have not shown sensible themselves to differentiate the water quality alteration from Cascavel river which has been provoked by the urban and agricultural use, showing, however, a strong correlation to an discharge, thus leading to compromise hereafter the water quality from the river in study progress.

Key words: physic–chemical, microbiologic, discharge.

1 INTRODUÇÃO

A ação degradadora do homem sobre o meio ambiente vem se intensificando e os mananciais estão sendo alterados. Pouca atenção se dá às práticas conservacionistas e as condições ambientais são desfavoráveis: alta taxa de evaporação, solos rasos, cobertura vegetal rala, rios intermitentes, reduzida capacidade de autodepuração.

O comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento doméstico é decorrente de poluição causada por diferentes fontes, como: efluentes domésticos, efluentes industriais e o deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos, por exemplo, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. A contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. A legislação ambiental tem estabelecido regras para o lançamento dos efluentes industriais e a tendência é de que haja um controle ainda maior sobre esses poluentes.

Com os despejos de efluentes urbanos e o assoreamento nas zonas rurais, as alterações nos cursos d'água tornam-se profundas, incapacitando o ecossistema a dar resposta rápida de recuperação, gerando grandes desequilíbrios ambientais.

O desenvolvimento desordenado das populações, tornando os mananciais vias de escoamento de resíduos, destacando-se dentre eles o esgoto doméstico que, para ABEL (1989), é a mais velha, mais comum e maior fonte de poluição de água. Entretanto, mesmo sendo a mais antiga forma de poluição, a destinação final do esgoto produzido nas cidades constitui, até hoje, um sério problema para os governantes.

Na área rural, para viabilizar a produção são utilizados produtos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos, fazendo recair sobre os agricultores

a responsabilidade pela contaminação do meio e perdas ambientais, porém, muitas vezes, eles desconhecem os riscos dos produtos que utilizam e a qual a melhor técnica para sua aplicação, ficando reféns das informações da mídia e da sociedade que consome os produtos da agricultura.

O manancial no rio Cascavel é fundamental para o abastecimento público de água da sede do município, contribuindo com cerca de 46% da produção total do sistema. Os principais problemas identificados nesse manancial resultam tanto na crescente degradação da qualidade de suas águas quanto na redução de sua disponibilidade hídrica. A bacia do rio Cascavel possui área total de 50.11 km² e está situada totalmente no município de Cascavel. Apresenta ocupação urbana em suas cabeceiras, uso predominantemente rural nas imediações do ponto de captação de água da Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar. Trata-se, portanto, de um contexto bastante diversificado, apesar do reduzido tamanho da bacia.

Entre os problemas identificados na bacia de manancial do rio Cascavel pode-se destacar que ela se encontra parcialmente urbanizada, especialmente na área de suas nascentes, ausência de vegetação ciliar, tanto nas áreas urbanas quanto rural, o que tem resultado no desenvolvimento de processos de erosão e assoreamento do manancial, afetando especialmente o lago do Parque Municipal Ecológico Paulo Gorski. Conforme TOSIN (2005), Os constantes problemas de poluição no rio Cascavel poderão comprometer, no futuro, o abastecimento de água potável à população.

Pela importância do manancial e pelos problemas identificados, torna-se necessária a realização de trabalhos que proporcionem um conhecimento mais aprofundado sobre a qualidade da água do rio Cascavel. Tendo em vista a necessidade de resultados em relação à qualidade da água do rio Cascavel, implantou-se uma pesquisa com o objetivo de estabelecer a qualidade da água espaço-temporal, em seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em relação aos valores preconizados pela Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005 e em função da vazão do rio Cascavel.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O MUNICÍPIO DE CASCAVEL

O município de Cascavel está localizado na região oeste do estado do Paraná e foi fundado entre as Bacias dos rios Paraná, Piquiri e Iguaçu. Este local nos anos de 1920 e 1930 era um ponto de encontro de Tropeiros, denominado por eles de encruzilhada e, já neste período, havia uma estrada que ligava a cidade de Foz do Iguaçu à Guarapuava passando pelo local. Um dos principais pontos de captação de água para abastecimento público da cidade de Cascavel é o rio Cascavel que tem como reservatório um lago artificial (BELTRAME; NATH, 1999).

A Bacia do rio Cascavel abrange uma área de drenagem de 50,11 Km² e tem um comprimento de 17,5 km. Com altitude máxima de 767 m e mínima de 718 m, possui uma vazão de 725 m³/h⁻¹ e vazão de captação 345 m³/h⁻¹. Sua localização geográfica está entre os paralelos 24° 32' e 25° 17' de Latitude Sul e os meridianos 53° 05' e 53° 50' de Longitude Oeste. A cidade de Cascavel apresenta uma precipitação média de 1940 mm, com evapotranspiração média anual de 1200 mm. As temperaturas médias, máximas e mínimas anuais de 25 °C e 15 °C, respectivamente, com umidade do ar média anual oscilando entre 70% e 75% (CASCAVEL, 1995).

2.2 CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE CASCAVEL

O Município de Cascavel é banhado por uma extensa rede de drenagem que converge predominantemente para noroeste, dentro da qual predominam os rios São Francisco Lopeí, o rio das Antas e numerosos córregos. Na convergência para norte, bacia do Piquiri predominam os rios Iguá, Ano Novo, Piquirzinho, Tesouro, Sapucaia, Barreiros, Melissa, Boi Piquá, e muitos córregos. Na convergência para o Sul, bacia do rio Iguaçu, predominam os rios Cascavel, Tormenta, Andrada, Rio das Flores, Rio do Salto, Arquimedes, São José e também muitos córregos (COVATTI, 2006).

Conforme TOSIN (2005), a bacia hidrográfica do rio Cascavel nasce na região do Lago Municipal e grande parte de suas nascentes está localizada no perímetro urbano. O restante da bacia encontra-se na área rural, o que aumenta sua fragilidade ambiental, devido ao tipo de uso e ocupação do solo que atualmente é de natureza urbana e rural. A Tabela 1 apresenta as características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Cascavel.

Tabela 1 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Cascavel

continua

| DESCRIÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA DO RIO CASCAVEL | |
|---|-------------------------------|
| Altitude máxima | 767 m |
| Altitude mínima | 718 m |
| Altitudes | Entre 600 m e 760 m |
| Área de drenagem | 50,11 Km ² |
| Bacia Hidrográfica | Rio Iguaçu |
| Coeficiente de Capacidade | 1,18 |
| Comprimento | 17,5 km |
| Coordenadas (UTM) X | 251.450. |
| Coordenadas (UTM) Y | 7.229.450 |
| Clima (Köppen) | Subtropical úmido mesotérmico |
| Precipitação média anual | 1940 mm |
| Evaporação média anual | 1200 mm |
| Temperaturas máxima e mínima anual | 25° e 15° C |
| Umidade do ar - média anual | 70% e 75%. |
| Declividade | 8% e 15%, |
| Extensão Média do Escoamento Superficial | 117.5 km |
| Fator de Forma: | 0,38 |
| Forma | forma de pêra |

Tabela 1 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Cascavel

| DESCRITÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA DO RIO CASCAVEL | |
|---|---|
| Localização geográfica | 24°32' e 25°17' de Latitude Sul e os meridianos 53°05'e 53°50' de Longitude Oeste |
| Ordem da Bacia | 4 ^a |
| Portarias de Outorgas | 0036/94-DIFLA |
| Regime de funcionamento | 24 h/dia. |
| Solo | Latossolo roxo, terra roxa estruturada (LR d6; TR). |
| Validade da Outorga | Até 2014 |
| Vazão de captação | 345 m ³ /h ⁻¹ |
| Vazão média captada | 973 m ³ /h (270 L.s ⁻¹) |
| Vazão outorgada | 725 m ³ /h ⁻¹ |

Fonte: COVATTI (2006).

A bacia hidrográfica do rio Cascavel nasce na região do Lago Municipal na área urbana onde recebe várias contribuições de afluentes e deságua no rio Andrade.

De acordo com TOSIN (2005), a bacia do rio Cascavel apresenta um processo de urbanização bastante avançado, com elevado índice de impermeabilização do solo, numa área correspondente a 16.95 km², em local que apresenta alta fragilidade, devido à presença de nascentes e reservatório.

A parte rural da bacia, correspondente a 1.387,40 ha⁻¹, apresenta uso agrícola intenso e baixa reserva de matas nativas e ciliares. Portanto, devido à forma de uso e ocupação, a bacia do rio Cascavel apresenta fragilidade ambiental, com risco potencial de contaminação dos seus recursos hídricos.

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS – RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

A Resolução 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, dispõe sobre a classificação de corpos de água, dá diretrizes para o seu enquadramento e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências (BRASIL, 2007). Para tal considera, dentre outros, os argumentos de que a água integra as preocupações do

desenvolvimento sustentável; que tem função ecológica; que a natureza tem valor intrínseco; que a saúde, o bem estar humano e o equilíbrio ecológico não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

Para garantir essas premissas, ainda de acordo com a Resolução 357/2005, os corpos hídricos foram classificados em águas doces, salobras e salinas, os quais integram 13 classes de uso conforme a qualidade requerida para os usos preponderantes. Para as águas doces, são estabelecidas cinco classes, as quais podem ter os respectivos usos:

Classe Especial – destinada ao abastecimento para consumo humano com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação do equilíbrio natural em unidades de conservação de proteção integral;

Classes 1 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, a recreação, a irrigação de hortaliças consumidas cruas e a proteção de comunidades aquáticas em áreas indígenas;

Classes 2 - podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, a recreação, a irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins e a aqüicultura ou atividade pesqueira;

Classes 3 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento avançado, a irrigação culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e dessedentação de animais;

Classe 4 - pode ser destinada a navegação e a harmonia paisagística (BRASIL, 2007, p.4).

Para as classes acima descritas, existem padrões individuais para diferentes substâncias orgânicas e inorgânicas. Como reforço e permitindo a investigação de substâncias não listadas nos parágrafos do Artigo 7º da Resolução 357/2005, o CONAMA estabelece que eventuais interações entre as substâncias, especificadas ou não na Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração no comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como restringir os usos preponderantes previstos. Determina também que devem ser monitorados indicadores não estabelecidos para os quais haja suspeita de contaminação e que a qualidade dos ambientes aquáticos pode ser avaliada por indicadores biológicos.

Até março de 2005, estava em vigor a Resolução CONAMA 20/1986, cujos critérios foram a base para o enquadramento dos corpos de água do Paraná em classes de uso. Essa Resolução foi revista e reeditada em 2005,

mas manteve a classificação dos corpos de água. Nesse aspecto a bacia do Paraná III e seus afluentes, inclusive o rio Cascavel, foram enquadrados como Classe 2, de acordo com a Portaria Surehma nº. 10, de 10 de setembro 1991 (PARANÁ, 1996).

2.4 QUANTIDADE E QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação. Estima-se que, aproximadamente, doze milhões de pessoas morrem, anualmente, em todo o mundo, por problemas relacionados à qualidade da água. No Brasil, esse problema não é diferente, pois os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 80% das internações hospitalares do país são devidas às doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade imprópria da água para consumo humano.

As zonas ripárias (de mata ciliar) e áreas de recargas hídricas são de importância particular na manutenção da qualidade e quantidade de água. As áreas de recarga hídrica são responsáveis pela acomodação da água precipitada e que penetra no solo, para depois serem descarregadas nos rios. Nessas áreas, geralmente os solos são profundos, permeáveis e o relevo é suave. São áreas muito sensíveis a ações antropogênicas e com uso restrito, pois as modificações afetam a quantidade e a qualidade da água que chega ao solo e ao lençol freático. São sensíveis às contaminações por agroquímicos que podem atingir o lençol por meio da percolação. Nas zonas ripárias, as matas ciliares têm papel de barreira física entre o ambiente terrestre e o aquático, possuindo a função de filtro da água de escoamento das adjacências onde ficam retidos sedimentos, produtos tóxicos, nutrientes eutrofizantes (até 80% do Fósforo e 89% do Nitrogênio). As matas ciliares permitem a estabilidade das margens, pois a água superficial fica retida na serapilheira, que age como uma esponja permitindo a lenta infiltração da água. A mata ciliar

por sua vez, em solos florestais, pode ser de 10 a 15 vezes maior do que uma pastagem e 40 vezes maior que um solo desprovido de vegetação (MARQUES; SOUZA, 2005).

As atividades humanas, ao longo do tempo, têm modificado os rios dos diversos países do mundo, sendo que para muitos deles, não é mais possível o reconhecimento das suas condições naturais, sejam biológicas ou físico-químicas.

A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no planeta e como ela circula de um meio para o outro. De toda a água disponível no planeta, somente 0,8% pode ser utilizada mais facilmente para o abastecimento público. Dessa pequena fração, apenas 3% se apresentam na forma de água superficial, de extração mais fácil. Esses valores ressaltam a grande importância de se preservar os recursos hídricos e de se evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível (VON SPERLING, 1996).

Os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais. Para as condições brasileiras, não se tem determinado o quanto esses poluentes contribuem para a degradação dos recursos hídricos. Nos Estados Unidos, no entanto, admite-se que 50% e 60% da carga poluente que contamina os lagos e rios, respectivamente, são provenientes da agricultura (VON SPERLING, 1996).

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem crescendo exacerbadamente, alcançando atualmente, níveis graves que se refletem na deterioração do meio ambiente, no assoreamento e na poluição dos cursos d'água associados a atividades antrópicas. Cabe, então, a realização dessas atividades de modo a provocar o menor impacto sobre os mananciais. Ressalta-se o planejamento territorial como uma importante ferramenta para a conservação dos recursos hídricos. Por meio de medidas adequadas de planejamento do uso e ocupação do ambiente será possível garantir os recursos hídricos na quantidade necessária e na qualidade desejada aos seus diversos usos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

ANDREOLLI (2003) ressaltaram que, nesse contexto de crise da água, os problemas de abastecimento, ocorrem devido à combinação de crescimento

desordenado e da conseqüente degradação da qualidade da água. Nesse panorama de disponibilidade e demanda, com o ciclo hidrológico sendo afetado pela degradação, agrava-se, uma situação de conflito pela posse da água, que passou a representar um instrumento político de poder ao longo dos séculos.

LIMA (1986) ressaltou que a cobertura vegetal influi positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento da água, além de diminuir o escoamento superficial. Influência que, no todo, conduz à diminuição do processo erosivo.

BRAGA (1999) alertou que os impactos do desmatamento se traduzem em: aumento do escoamento hídrico superficial, redução da infiltração da água no solo, redução da evapotranspiração, aumento da incidência do vento sobre o solo, aumento da temperatura terrestre, redução da fotossíntese, ocupação do solo para diferentes usos e redução da flora e fauna nativas.

KLIASS (2007) destacou que, nesse quadro, a característica de renovabilidade da água é condição cada vez mais subjetiva, à medida que as grandes demandas locais e os níveis nunca imaginados de degradação da qualidade da água são engendrados por um processo de urbanização e industrialização.

Segundo PRAT (1997), as modificações físicas que destroem o *habitat* de muitas espécies são: a presença de sólidos suspensos, alterações na temperatura e no pH e a presença de substâncias orgânicas resultantes dos despejos urbanos e industriais. O incremento dos nutrientes e os tóxicos são fatores contaminantes e podem alterar os corpos d'água, afetando as comunidades de organismos.

De acordo com JUNQUEIRA e CAMPOS (1991), existe uma quantidade de substâncias químicas no meio ambiente, que já estão registradas no *Chemical Abstract Service* – CAS, na ordem de 11 milhões de substâncias. Mesmo em laboratórios bem equipados, podem ser analisadas rotineiramente no máximo entre 250 e 300 substâncias isoladamente, sem contar ainda, os efeitos de ações recíprocas e sinérgicas, assim como antagônicas, que muitas vezes têm maior importância do que a grandeza absoluta de uma substância isolada. Os autores acima citados observam também que em rios, pouco a medianamente poluídos, é estimada a presença de 30 a 100 mil substâncias na água.

Além dos contaminantes, consideraram-se as intervenções humanas provocadas de forma direta, como as dragagens, canalizações e construções de reservatórios que resultam na alteração das condições ambientais como temperatura da água, sólidos suspensos, pH, atividades agrícolas e, de forma indireta, a construção de estradas, a agricultura e o manejo florestal, entre outros (PRAT; WARD, 1994).

2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

2.5.1 Áreas Rurais

A agricultura tende a aumentar a produção de sedimentos, principalmente quando a erosão não é devidamente controlada, com perdas de solo e nutrientes. A falta do planejamento do uso do solo e o seu preparo inadequado afetam diretamente a produtividade agrícola. Como primeira consequência, observa-se a redução da massa vegetal produzida, que exerce papel fundamental na cobertura do solo, fator preponderante na proteção da erosão hídrica. Desse modo, a redução da cobertura vegetal que, num primeiro momento, é uma resultante do processo erosivo, num segundo momento passa atuar como causa (BRAGAGNOLO; PAN, 2000).

As cargas difusas são poluentes que estão espalhados por grandes áreas e baixas concentrações, ao contrário de poluentes que ficam situados em um único local, em níveis geralmente tóxicos (CORWIN; LOAGUE; ELLSWORTH, 1998).

De acordo com MACLEOD e HAYGARTH (2003), mensurar a importância de fontes pontuais e difusas de nutrientes na escala de uma bacia hidrográfica envolve ainda muitas incertezas. Este fato advém da poluição difusa ser de difícil quantificação, porquanto depende da interação de diversos fatores, como a intensidade e duração das precipitações, o tipo de solo, a fisiografia do terreno e as formas de uso do solo (DIOGO *et al.* 2003).

CARPENTER *et al.* (1998) estudaram as fontes difusas de nutrientes nos Estados Unidos e concluíram que 82 e 84% dos descartes de N_{total} e P_{total} , respectivamente, nas águas superficiais, provêm de fontes difusas, majoritariamente (acima de 90%) de áreas rurais.

MACLEOD e HAYGARTH (2003) compilaram vários estudos feitos na Europa sobre a importância de fontes difusas de fósforo com origem agrícola. Concluíram que as referidas fontes contribuem com 29 a 60% da carga total observada nas águas superficiais daquelas bacias, porém esses estudos são específicos e, no Brasil, enquanto os efluentes domésticos e industriais pontuais têm características conhecidas, os agrícolas difusos não estão ainda quantificados e os estudos realizados são ainda incipientes.

A poluição difusa pode comprometer seriamente a qualidade dos mananciais pelo carreamento de compostos de natureza tóxica como os agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas, etc.) e os nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo (SANTOS *et al.* 1999).

Segundo TELLES (1999), a intensificação da agricultura e a necessidade de aumento da produtividade têm gerado o aumento do consumo de insumos agrícolas (agroquímicos, fertilizantes de corretivos agrícolas), causando impactos diretamente e indiretamente sobre os recursos hídricos nas bacias hidrográficas. Esses produtos são responsáveis pela formação de cargas difusas ou não pontuais, substâncias que podem ser transportadas sobre a superfície do solo juntamente com a água de escoamento superficial ou por percolação para o perfil do solo.

Para MACIEL FILHO *et al.* (2000), um fator importante que contribui para a poluição e contaminação dos cursos d'água, conferindo risco à saúde humana pela água, refere-se à ocupação dos espaços rurais e urbanos, realizada sem um adequado planejamento, visando ao equilíbrio entre o ambiente e sua utilização. Como consequência da ocupação desordenada tem-se a supressão da vegetação compactando e impermeabilizando o solo, o que impede a infiltração e recarga dos cursos d'água. Tem-se também a produção e o carreamento de resíduos para os rios, comprometendo a conservação da água em termos de quantidade e qualidade.

Para MOTA (1995), os usos e as atividades rurais provocam alterações no ambiente natural, com reflexos sobre os recursos hídricos. Os

desmatamentos, os movimentos de terra e a poluição resultante do uso de pesticidas e fertilizantes são exemplos de alterações ambientais que podem ocorrer no meio rural. Assim, o controle da quantidade e da qualidade da água dos recursos hídricos depende do disciplinamento do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, os quais devem ser feitos de modo a provocarem alterações compatíveis com os mananciais, em função dos seus usos.

A principal consequência de agressão à água por defensivos e corretivos agrícolas é, sem dúvida, a alteração de suas características iniciais, pois os poluentes, principalmente os orgânicos, atuam sobre o oxigênio dissolvido fazendo com que a água perda o seu poder de oxigenação, tirando as condições de sobrevivência dos seres que nela habitam como peixes, crustáceos e microorganismos (REBOUÇAS *et al.* 1999).

2.5.2 Áreas Urbanas

Há algum tempo, as pesquisas que procuram observar as consequências da ocupação do espaço pelo homem associam a urbanização à poluição dos corpos d'água, devido aos esgotos domésticos, não ou parcialmente tratados, além dos despejos industriais. Mais recentemente, além destes, percebeu-se que parte dessa poluição gerada em áreas urbanas tem origem também no escoamento superficial das águas de chuva sobre áreas impermeáveis e em redes de drenagem (PORTO, 1995).

Os resultados apresentados na literatura da área demonstram que a qualidade das águas pluviais não é melhor que o efluente de um sistema de tratamento secundário de esgotos domésticos e depende de vários fatores: limpeza urbana e sua frequência, intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana (TUCCI, 1995).

Segundo TUCCI (2007), durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Para esse autor as principais

conseqüências ambientais da produção de sedimentos são: o assoreamento das seções da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos; o transporte de poluente agregado ao sedimento, que contamina as águas pluviais à medida que a bacia é urbanizada; e a densificação consolidada, em que a produção de sedimentos pode reduzir, mas um outro problema aparece que é a produção de lixo.

O crescimento populacional acelerado e os avanços da urbanização podem provocar impactos ambientais que modificam profundamente as condições naturais de uma determinada região. O desenvolvimento urbano produz significativo aumento na freqüência de inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. Na fase de desenvolvimento, o aumento da produção de sedimentos na bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza, de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas, rodovias, entre outros (VENDRAME; LOPES, 2005).

2.6 O CONCEITO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Quando se utiliza o termo "qualidade de água", é necessário compreender que ele 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. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos (BRASIL, 2007).

Do ponto de vista histórico, os primeiros estudos científicos de qualidade da água foram realizados na Inglaterra nos anos de 1840, para entender as causas das epidemias de febre tifóide e cólera. Por volta de 1910, apareceram as primeiras pesquisas para entender a relação entre efluentes industriais, saúde humana e recursos pesqueiros. A partir dos anos 1950, os

legisladores iniciaram o estabelecimento de normas para proteção dos ambientes aquáticos (CANADÁ, 1994).

A água que chega aos nossos rios é produto do ciclo hidrológico. A energia solar aquece a água, faz com que ela evapore, seja transportada pelo vento, condensada e precipitada. No solo, a ação da gravidade leva a água para os pontos mais baixos do terreno, até chegar aos rios e oceanos, sendo que, parte dessa água atinge os lençóis subterrâneos por infiltração. No ciclo hidrológico, o processo de evaporação e precipitação age como um gigantesco destilador. A partir da condensação inicia-se o processo de contaminação com a dissolução de gases nas gotas da chuva, e no solo a água dissolve uma série de substâncias presentes (CANADÁ, 1994).

A qualidade da água diminui por diversos fatores, como: disposição inadequada de resíduos sólidos, esgotos domésticos, efluentes industriais, uso de agrotóxicos na agricultura, entre outros (PARREIRA *et al.* 1999).

A queda da qualidade da água pode ser observada, principalmente nas populações que vivem a beira de rios e córregos, nas quais as doenças infecciosas causadas por veiculação hídrica são mais freqüentes (CARVALHO *et al.* 1999). De acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS, para cada \$ 1,00 (um dólar) investido em saneamento, o governo economizaria \$ 5,00 (cinco dólares) em serviços de saúde (LOPES, 2002).

Para caracterizar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e representam impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

2.7 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A seguir são descritas as características das substâncias pesquisadas neste trabalho nas águas do rio Cascavel, os fatores que determinam a sua presença no corpo hídrico, bem como as implicações ambientais.

2.7.1 Condutividade Elétrica

Condutividade elétrica é a medida da habilidade da água em conduzir uma corrente elétrica. Representa a resistência elétrica a 25 °C, expressa em $\mu\text{Siemens}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na água, tem origem na presença de sais dissolvidos na forma de íons dissociados eletroliticamente. Estes íons podem ter origem antropogênicas (descargas industriais, consumo de sais em residência e comércio) ou geogênica (decomposição de rochas) (SANTA CATARINA, 1998).

Conforme CANADÁ (1994), existe a possibilidade de se estabelecer uma correlação entre a condutividade elétrica e a quantidade de sólidos dissolvidos.

2.7.2 Turbidez

A turbidez representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton, dentre outros (CANADÁ, 1994).

Ainda segundo CANADÁ (1994), a erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar às comunidades biológicas aquáticas.

Esse parâmetro físico é bastante utilizado na caracterização de águas para o abastecimento urbano. Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, a turbidez para as águas de classes 2 não deve exceder a 100 UNT.

2.7.3 Temperatura da Água

A temperatura pode influenciar quase todos os processos físico-químicos e biológicos. Como efeitos físicos causam alterações na viscosidade e densidade que, por conseqüência, causam alteração na velocidade de sedimentação com a elevação ou queda da temperatura. Em água doce com a pressão atmosférica normal, o aumento da temperatura diminui as concentrações de saturação de oxigênio (SANTA CATARINA, 1998).

2.7.4 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido na água pode oscilar muito e seu equilíbrio no ambiente é dependente da pressão atmosférica e da temperatura. Baixas concentrações de oxigênio indicam processos de consumo por substâncias lançadas na água. Saturações de oxigênio da água podem ser resultados de alta atividade biológica (fotossíntese), indicando processos de eutrofização (SANTA CATARINA, 1998).

Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg.L^{-1} , mesmo em temperaturas superiores a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, caracterizando uma situação de supersaturação (SÃO PAULO, 2005).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para os padrões de qualidade de água, em qualquer amostra coletada, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de classes 2, não podem ser inferior a 5 mg.L^{-1} .

2.7.5 Potencial Hidrogeniônico - pH

De acordo com CANADÁ (1994), a medida de pH indica o balanço entre ácidos e bases na água e é a medida da concentração de íons de hidrogênio na solução. O mesmo autor recomenda que os efluentes não causem no corpo receptor oscilação maior do que 0,5 unidades de pH, para não afetar a vida aquática.

De acordo com a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1998), valores de pH muito básicos (> 8,0) tendem a solubilizar a amônia tóxica na água metais pesados e outros sais e ainda precipitar sais de carbonato. Níveis de pH mais ácidos (<6,0) interferem aumentando as concentrações de dióxido de carbono e ácido carbônico.

Segundo VON SPERLING (1996), fatores que podem influenciar os valores de pH da água são os despejos domésticos e industriais, pela oxidação da matéria orgânica e despejo de produtos químicos.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para as águas de classes 2 o pH pode variar de 6 a 9.

2.7.6 DQO - Demanda Química de Oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio é uma medida que expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica, por um agente químico, normalmente o Dicromato de Potássio. O aumento da concentração de DQO num corpo de água se deve, principalmente, a despejos de origem industrial. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO_5 para observar a biodegradabilidade de despejos. Como na DBO_5 , mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será a amostra analisada (SÃO PAULO, 2005).

2.7.7 Nitrogênio Total Kjeldahl

O Nitrogênio Total Kjeldahl, (NTK), medido em miligramas por litro (mg. L^{-1}), é a soma das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal. O NTK é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, daí sua importância como parâmetro químico de qualidade das águas podendo contribuir para a completa abundância de nutrientes na água e sua posterior eutrofização (VON SPERLING, 1996).

Algumas formas de nitrogênio podem apresentar propriedades tóxicas. O enriquecimento com nutrientes e a eutrofização pode causar muitas alterações nas populações e comunidades aquáticas. A alteração mais importante na comunidade fitoplanctônica ocorre quando as algas cianofíceas (cianobactérias ou algas azuis) passam a predominar. O aumento da proliferação de algas provoca também o aumento do consumo de oxigênio, causando a ocorrência de baixas concentrações deste nas camadas mais profundas dos lagos e rios e dessa forma a diversidade é afetada (CANADÁ, 1999).

2.7.8 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para todas as formas de vida, sendo parte das estruturas celulares. Aparecem em águas naturais, principalmente, devido às descargas de esgotos sanitários. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, agrotóxicos, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas causam aumento de fósforo em águas naturais. Assim como o nitrogênio, o fósforo é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um macro-nutriente, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Por outro lado, o seu excesso em esgotos sanitários e efluentes industriais também leva a processos de eutrofização das águas naturais (SÃO PAULO, 2005).

A presença do fósforo na água pode se dar de diversas formas. Origina-se naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A origem antropogênica é oriunda dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 1996).

2.7.9 Coliformes Totais e Termotolerantes

Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes, expressas em número de organismos por 100 ml de água.

A Resolução CONAMA 357/2005 em BRASIL (2005), estabelece o termo coliforme termotolerantes como sendo:

[...] bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, caracterizadas pela enzima B-galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose em temperaturas de 44 – 45 °C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas e outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

A Resolução CONAMA 357/2005, em relação aos coliformes termotolerantes, cita a bactéria *Escherichia coli* como o organismo indicador da presença de material fecal de animais de sangue quente. Esta é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo *habitat* exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em elevadas densidades.

Nas águas de rios classes 2, para abastecimento, o limite de coliformes totais legalmente tolerável não deve ultrapassar 5.000 coliformes totais em 100 ml de água, em 80% das amostras colhidas em qualquer período do ano. Em relação aos coliformes termotolerantes, o limite não deve ultrapassar 1.000 coliformes fecais por 100 ml de água, em 80% das amostras ou mais, de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral (BRASIL, 2005).

2.8 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação da qualidade da água é feita a partir de medição e monitoramento dos indicadores de qualidade da água, evidenciando a correlação de causa-efeito necessária entre os diferentes atributos e os impactos sobre a qualidade da água. A quantidade da água e o regime de vazão (deflúvio) são importantes indicadores para verificação da eficácia ecológica do manejo adotado na bacia (BRANCO *et al.* 1991).

O estudo de tendências nos dados de qualidade de água é um importante diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas, permitindo avaliar como os corpos d' água vêm respondendo ao longo dos anos, em termos qualitativos, à crescente intervenção antrópica ou a possíveis ações mitigadoras (PARK; PARK, 2000, CUN; VILAGINES, 1997; LUNDIN, MOLANDER; MORRISON, 1999).

GROPPO, MORAES e MARTINELLI (2006), em estudo sobre a tendência dos parâmetros de qualidade de água na Bacia do rio Piracicaba, utilizando uma metodologia de análise de tendência descrita nos trabalhos de McLEOD, HIPEL e BODO (1991) e HIPEL e McCLEOD (1994), avaliaram as tendências temporais nas concentrações de oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, nitrato, amônio, fósforo total, cloreto e coliformes fecais entre 1979 a 2001. Durante o período estudado, os resultados das análises de tendências, mostraram que, de uma maneira geral, existe uma degradação da qualidade da água, representados pelas tendências positivas nos parâmetros: DBO, nitrogênio, fósforo total e cloreto e negativas no parâmetro oxigênio dissolvido (OD).

A qualidade das águas nos mananciais superficiais tem sofrido alterações em função do crescimento acelerado da ocupação urbana, industrial e da expansão das atividades nas suas áreas de contribuição (SILVEIRA *et al.* 2003).

VALENTE, PADILHA e SILVA (1997), utilizando os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), avaliaram o grau de autodepuração do ribeirão Lavapés, na cidade de Botucatu, no estado de SP. Avaliaram o perfil de

poluição orgânica e devidamente identificado às zonas de autodepuração, realizaram coletas de 24 horas, de hora em hora, onde foi possível correlacionar à poluição orgânica com as atividades domésticas. Como resultados, a DQO mostrou-se como a melhor técnica para avaliar o perfil de poluição orgânica e para identificar as zonas de depuração na avaliação da poluição orgânica, no curso d'água. A relação DQO/DBO foi em média de 3.4, caracterizando um esgoto biodegradável, indicando que praticamente não há adição de efluentes industriais, permitindo estimar a DBO por meio da DQO. Em relação ao OD, não foi possível avaliar os locais que receberam maior carga orgânica.

PINHEIRO e LOCATELLI (2006), buscando quantificar o grau de alteração, fizeram uma avaliação das evoluções espaciais e temporais da qualidade da água dos mananciais superficiais, nas comunidades inseridas na Bacia de Itajaí-Sc. Foram analisadas as séries históricas de análises físico-químicas e bacteriológicas das águas brutas, realizadas rotineiramente pela empresa, pelo índice de qualidade de água de Bascarón em duas situações diferentes. Como resultado na primeira situação, constatou-se que em termos de concentrações médias dos parâmetros avaliados, a Bacia de Itajaí apresentou uma tendência de melhoria ao longo do tempo. Na segunda situação, essa tendência foi no sentido inverso, mas não na mesma intensidade.

GUIMARÃES *et al.* (2005) levantaram e analisaram fontes da deterioração da qualidade da água em dois pontos localizados a montante (Rc5) e a jusante (Rc12) do perímetro urbano da cidade de Cuiabá e Várzea Grande – MT. As variáveis DQO, OD, fósforo total, e coliformes totais e fecais foram analisadas e comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/1986. Em relação ao OD, verificaram um decréscimo, muito embora, no Rc12 ele estivesse nos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/1986. No eixo montante – jusante verificaram também no Rc12, que as concentrações de coliformes excederam os padrões para o rio classe 2, fato que está relacionado aos efluentes domésticos lançados diariamente na bacia. Em relação aos nutrientes, no Rc5, constataram-se elevadas concentrações de fósforo, associada ao grande número de pisciculturas existentes na região.

FREIRE e BOLLMANN (2005), avaliando a influência da densidade populacional na carga orgânica afluyente do reservatório do rio Irai (Curitiba - Pr), coletaram e analisaram amostras d'água em 18 parâmetros físico-químicos, quinzenalmente, correlacionando com a densidade populacional e obtiveram como conclusão que a maioria das variáveis são em grande parte originárias do lançamento de esgoto doméstico.

BOLLMANN e MARQUES (2006), em estudo de 4 bacias hidrográficas urbanas com ocupação residencial, densidade populacional entre 0 e 100 habitantes ha^{-1} e similaridade de condições naturais e de ocupação humana, analisaram a variação da relação entre a matéria orgânica carbonácea, representada pelas DBO e BQO, nitrogênio total kjeldahl e fósforo total nas águas de pequenos rios urbanos, cujas áreas de drenagem apresentam baixa cobertura sanitária. Os resultados mostraram alterações importantes nas relações entre os conteúdos de matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo indicando que, a partir de uma condição natural não urbanizada, mesmo pequenas densidades populacionais são capazes de alterar significativamente a qualidade das águas.

QUEGE e SIQUEIRA (2005), avaliando a qualidade da água no córrego Botafogo na cidade de Goiânia - GO, de acordo com a Resolução CONAMA 20/1986, demarcaram três estações de amostragem em locais estratégicos ao longo da extensão do Córrego Botafogo, determinando as características físico-químicas OD, DBO_5 , cor, turbidez, sólidos suspensos e pH. O curso d'água apresentou concentração de cor aparente (46 a 102 PtCo $mg.L^{-1}$), reduzida turbidez (2 a 10UT), pH neutro a básico (7,2 a 7,9), demonstrando baixos níveis de oxigênio dissolvido (1,34 a 5,27 $mg.L^{-1}$), sólidos suspensos (3 a 6 $mg.L^{-1}$) e baixos índices de demanda bioquímica de oxigênio (0,00 a 2,19 $mg.L^{-1}$). Os resultados das análises foram avaliados e verificou-se que, de um modo geral, o curso d'água está de acordo com a Resolução CONAMA 20/1986.

CASTRO e MENDONÇA (2004), analisaram os impactos das atividades humanas em bacias reflorestadas e bacias com ocupações humanas, utilizando parâmetros de qualidade de águas (temperatura, OD, pH, sólidos suspensos e dissolvidos, NTK, nitrato e nitrito, fósforo total e dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, DBO e coliformes fecais) no município de

Santa Maria de Jetibá – ES. Esses autores encontraram melhor qualidade da água em bacias que apresentam cobertura vegetal mais densa e fase de regeneração mais avançada.

BORGES, GALBIATTI e FERRAUDO (2003), monitorando mensalmente a qualidade hídrica da bacia hidrográfica e a eficiência de interceptores de esgotos em cursos d'água urbanos do córrego Jaboticabal, região nordeste do estado de São Paulo, utilizando os parâmetros vazão, temperatura, pH, DQO, nitrogênio total (N_{total}) e fósforo total (P_{total}), concluíram que houve aumento na poluição hídrica da nascente à foz nos parâmetros DQO, P_{total} e N_{total} , sendo identificada variação em função do tempo da vazão, na temperatura, na DQO e no P_{total} . Concluíram também que a implantação dos receptores de esgoto não foi suficiente para despoluir as águas dos córregos, apesar da diminuição da intensidade.

SILVEIRA *et al.* (2006), avaliaram, em 4 estações de coleta, a qualidade da água de duas microbacias do rio Mogi (Itupeva e Oriçanga), ambas no estado do SP. Cada estação teve amostras coletadas bimestralmente (de julho a dezembro de 2005), e analisadas através dos parâmetros físico-químicos: temperatura, OD, pH, condutividade elétrica, turbidez, nitrato nitrito, fósforo total, amônia e clorofila a. As análises dos diversos parâmetros físico-químicos de qualidade de água, com exceção do fósforo total e do nitrito não revelaram nenhuma alteração significativa em relação aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005.

BUENO, GALBIATTI e BORGES (2005) monitoraram mensalmente, em seis pontos ao longo do curso do rio do horto Ouro Verde – Sp, as variáveis de qualidade de água temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e conteúdo de matéria orgânica (MO) em duas condições do uso do solo (mata nativa e eucalipto). Em relação à temperatura e ao pH da água, não encontraram diferenças significativas entre os pontos de coleta e o tipo de uso do solo e, em relação a MO e OD, encontraram diferenças significativas para estas variáveis.

MANSOR, TEIXEIRA FILHO e ROSTON (2006), utilizando dados oficiais de concentração de nutrientes e vazão do rio Jaguari - SP, avaliaram, por meio de modelos estatísticos de regressão, as contribuições difusas, com origem rural das águas superficiais de uma sub-bacia do rio Jaguari – SP. O modelo mostrou que, em média, 68,2% das cargas anuais de N_{total} e 77,3%

das cargas anuais de P_{total} foram transportados pela sub-bacia no período chuvoso. Partindo-se de cargas de base diária de 1706,5 kg N_{total} e de 165,7 kg P_{total} , determinaram que 55,1 e 69,4% das cargas anuais totais de N_{total} e P_{total} , respectivamente, transportadas pela sub-bacia, provieram de fontes difusas. As taxas de exportação de nutrientes por carga difusa, obtidas pela aplicação do modelo, foram iguais a 230 kg N_{total} km^{-2} ano^{-1} e 40 kg P_{total} km^{-2} ano^{-1} . Concluíram que o controle das fontes difusas de P_{total} , a partir de áreas rurais, deverá diminuir as concentrações deste nutriente no Rio Jaguari - SP.

NAIME e FAGUNDES (2005) avaliaram e monitoraram entre os meses de março e julho de 2004, 3 pontos de amostragem que se encontravam na entrada do município de Portão, no meio da área e na foz do Arroio Portão no Rio dos Sinos, a qualidade da água no Arroio Portão no interior do Município de Portão (RS), segundo a Resolução CONAMA 20/1986. Os parâmetros avaliados foram DBO_5 , DQO, OD, sólidos sedimentáveis, pH, cromo, temperatura, sólidos totais e sólidos suspensos, objetivando associar os resultados com as atividades econômicas e com as características do meio físico, visando subsidiar o planejamento de ações públicas de saneamento ambiental para melhoria da qualidade de vida das populações atingidas. Os resultados das análises demonstraram que as diluições de poluentes dependem muito do aumento da pluviosidade e não dependem sempre da eficiência das estações de tratamento de efluentes industriais.

FONSECA e ZEILHOFER (2007), utilizando técnicas de geoprocessamento e estatística multivariada, analisaram a qualidade da água em 17 pontos de monitoramento dos principais afluentes do rio Teles Pires - MT, decorrente das cargas difusas provenientes de atividades agropecuárias. Os parâmetros físico-químicos OD, turbidez, nitrato, amônio, cloreto e condutividade elétrica foram analisados e comparados com a Resolução CONAMA 357/2005 e demonstraram que os principais mananciais apresentaram alterações dos níveis naturais da qualidade da água em estudo. Entretanto, os resultados mostraram que a maioria dos parâmetros estava enquadrada dentro dos limites preconizados para o rio classe 2, e que a utilização de técnicas de geoprocessamento permitiu a realização de análises complexas, integrando dados de diversas fontes em um banco de dados georreferenciado.

ZAMPIERI *et al.* (2006) avaliaram a qualidade da água da microbacia de Tarumanzinho, em relação à água para consumo humano (classe 1) e água de rede hídrica (classe 2) no município de Águas Frias - SC, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados nos 5 pontos da rede hídrica, observaram desconformidade em 100% dos casos, quanto à presença de coliformes, níveis de turbidez e fósforo total, concluindo por uma falta ou inadequação dos dispositivos que envolvem saneamento público, na área rural.

Outro problema, que diz respeito à qualidade da água nos rios, é o lançamento excessivo de nutrientes nos ambientes aquáticos, mudando as características dos corpos d'água e afetando os diversos usos que vão desde a preservação da vida aquática até o abastecimento público. Esse fenômeno é denominado eutrofização antrópica ou eutrofização cultural.

São diversos os efeitos e problemas da eutrofização nos ecossistemas aquáticos, como a diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante, aumento da biomassa de plantas e animais, aumento da turbidez, aumento da taxa de sedimentação e diminuição da vida útil dos reservatórios (STRASKRABA; TUNDISI, 2000).

De acordo com STRASKRABA e TUNDISI (2000), o enriquecimento de corpos d'água está associado ao aumento da produtividade primária e à ocorrência de episódios de desenvolvimento excessivo de algas ou macrófitas aquáticas, as quais podem prejudicar o uso para o abastecimento, produção de energia, recreação e proteção da vida aquática. Os autores ainda citam que a deterioração da qualidade da água também implica maiores custos em seu tratamento para distribuição.

VASCONCELLOS, IGANCI e RIBEIRO (2006), analisando a qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço - RS, em trechos urbanos e agrícolas, concluíram que o rio São Lourenço estava sofrendo impactos em sua qualidade, principalmente por meio do esgoto doméstico, pela alta concentração de coliformes encontrados. Esses autores ainda observam que o NMP (número mais provável) de coliformes totais e de termotolerantes aumentava à medida que o rio recebia efluentes.

LATUF (2004), fazendo um diagnóstico em 4 pontos das águas superficiais do córrego São Pedro, na cidade de Juiz de Fora – MG, relacionou

os parâmetros OD, DBO e coliformes fecais. Concluiu que, somente no primeiro ponto mais próximo da nascente, os valores de OD, DQO e coliformes fecais estavam no padrão limite da Resolução CONAMA 20/1986, e que nos demais pontos, os valores de coliformes fecais chegaram a um índice 800% superior ao limites da Resolução CONAMA 20/1986, comprovando o grande volume de efluentes domésticos lançados *in natura* no córrego.

O estudo da vazão pode ser indicado na avaliação da alteração da qualidade de um corpo de água. Também é conhecido que, com os dados de vazão, podem-se estimar as variáveis qualitativas, pelos padrões de concentração com o deflúvio, por exemplo, o teor de sólidos solúveis, turbidez, matéria orgânica, etc. (SOUZA, 1996).

ALLAN (1995) citado por MEYBECK *et al.* (1992), apresentou vários gráficos que ilustram curvas de concentração de várias substâncias com o deflúvio, sendo que tais curvas podem representar escalas que variam desde um simples evento de precipitação até tendências plurianuais.

A Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA verificou que, no aumento da vazão em períodos de chuvas, alguns rios de algumas bacias do Paraná diminuíam sua qualidade, avaliados pelo IQA, devido a uma elevação da DBO, DQO, nitrogênio e coliformes fecais (PARANÁ, 1997).

Entretanto, nos rios que recebem efluentes de áreas rurais e urbanas, a qualidade de água pode piorar com a estiagem pela diminuição de vazão, e conseqüentemente, do efeito de diluição, concentrando poluentes. Estudos conduzidos em ambientes preservados nos EUA mostram a concentração iônica sendo pouco alterada (menos de 2 vezes), num fluxo variando muito mais que 4 ordens de magnitude, considerando o ciclo anual (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992).

FRITZSONS *et al.* (2003), estudando as variações da qualidade do rio Capivari – PR, analisaram e compararam dados diários de qualidade de água e de vazão de 1998 a 1999. Os resultados mostram que a qualidade das águas foi alterada fortemente com a vazão, principalmente em relação a alguns parâmetros de qualidade, tais como turbidez, pH, alcalinidade, cor e matéria orgânica. As correlações encontradas foram fortes, denotando uma tendência, quando comparados os intervalos de vazão com a média dos valores médios

dos parâmetros. Com exceção do pH e alcalinidade, todos os parâmetros tiveram seus valores elevados quando há aumento na vazão, o mesmo ocorrendo com o desvio padrão.

ANDREOLI (2003), em estudo hidrológico dos tributários do reservatório do rio Irai, na cidade de Pinhais - PR, determinou as descargas em diferentes cotas, obtendo a curva-chave e quantificando o afluxo de materiais carreados para o reservatório. Mesmo com pequenos números e baixa variação de cotas, as curvas chaves apresentaram boa precisão.

GONÇALVES *et al.* (2005), avaliando a qualidade da água na microbacia do Arroio Lino, no município de Agudo - RS, coletaram amostras para análise em quatro pontos representativos do arroio, nos primeiros oito meses de 2002, e analisaram os parâmetros microbiológicos, físicos e químicos e, em um dos pontos, avaliaram a vazão e o transporte de sedimentos durante um evento chuvoso. As maiores concentrações de poluentes ocorreram nas águas coletadas nos pontos de maior influência de lavouras e estabelecimentos rurais. Os meses mais chuvosos coincidiram com as maiores contaminações microbiológicas, principalmente por coliformes fecais, enquanto os resultados mostraram que as águas do arroio apresentaram concentração de fósforo muito acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/1986 para rios de classe 3.

HAMADA, GIAFFERIS e CASTILHO FILHO (2005), avaliaram aspectos quantitativos e qualitativos do potencial de uso de um manancial para o abastecimento público no município de Bauru – SP. Em relação aos aspectos quantitativos, foram efetuadas medições de vazões e definição de uma curva-chave para a seção e, a partir da relação entre vazão e área de contribuição, estabeleceram valores para vazão específica, a ser empregada na estimativa de vazão em outras seções (sub-bacias) do rio. Em relação aos aspectos qualitativos foram analisados os parâmetros cor da água, turbidez e cloretos. Da análise quantitativa, concluíram que seria necessário que efetuar estudos mais apurados envolvendo recursos de otimização. Do ponto de vista qualitativo, o manancial apresentou bom potencial para o abastecimento público, com indicativos compatíveis à Classe 2, contudo, foram observados trechos nos quais se ressalta o assoreamento, denotando uso inadequado do solo e a falta de vegetação às margens desse ribeirão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EM ESTUDO

Para a realização deste estudo foram utilizadas análises qualitativas, pelas quais foi possível estabelecer o padrão de qualidade da água espaço-temporal, referentes a parâmetros físico-químicos e microbiológicos em função da vazão do rio Cascavel, localizado no município de Cascavel - PR.

A bacia do rio Cascavel abrange uma área de drenagem de 50.11 Km², tem comprimento de 17.5 km, altitude máxima de 767 m, altitude mínima de 718 m, vazão de 973 m³/h⁻¹ e vazão de captação de 345 m³/h⁻¹.

A área em estudo abrangeu 2 pontos de coleta, sendo o primeiro ponto uma área urbana (final da rua Universitária), no jardim Jaçanã, com localização geográfica a 24° 60' 26'' Sul e 53° 27' 28'' Oeste', localizado a jusante do lago municipal de Cascavel, sendo o ponto mais próximo da nascente (distante 3716 m), com elevação de 663 m. O segundo ponto encontra-se junto à ponte sob a estrada da rua Rio da Paz, numa área rural, com a sua localização geográfica 25° 01' 79'' Sul e 53° 27' 06' Oeste, com elevação de 622 m, localizado a jusante do ponto 1 (distante 5000 m).

3.2 PONTOS DE COLETAS

A Figura 1 mostra a planta planimétrica da Bacia do rio Cascavel, incluindo as localizações das duas estações de coleta.

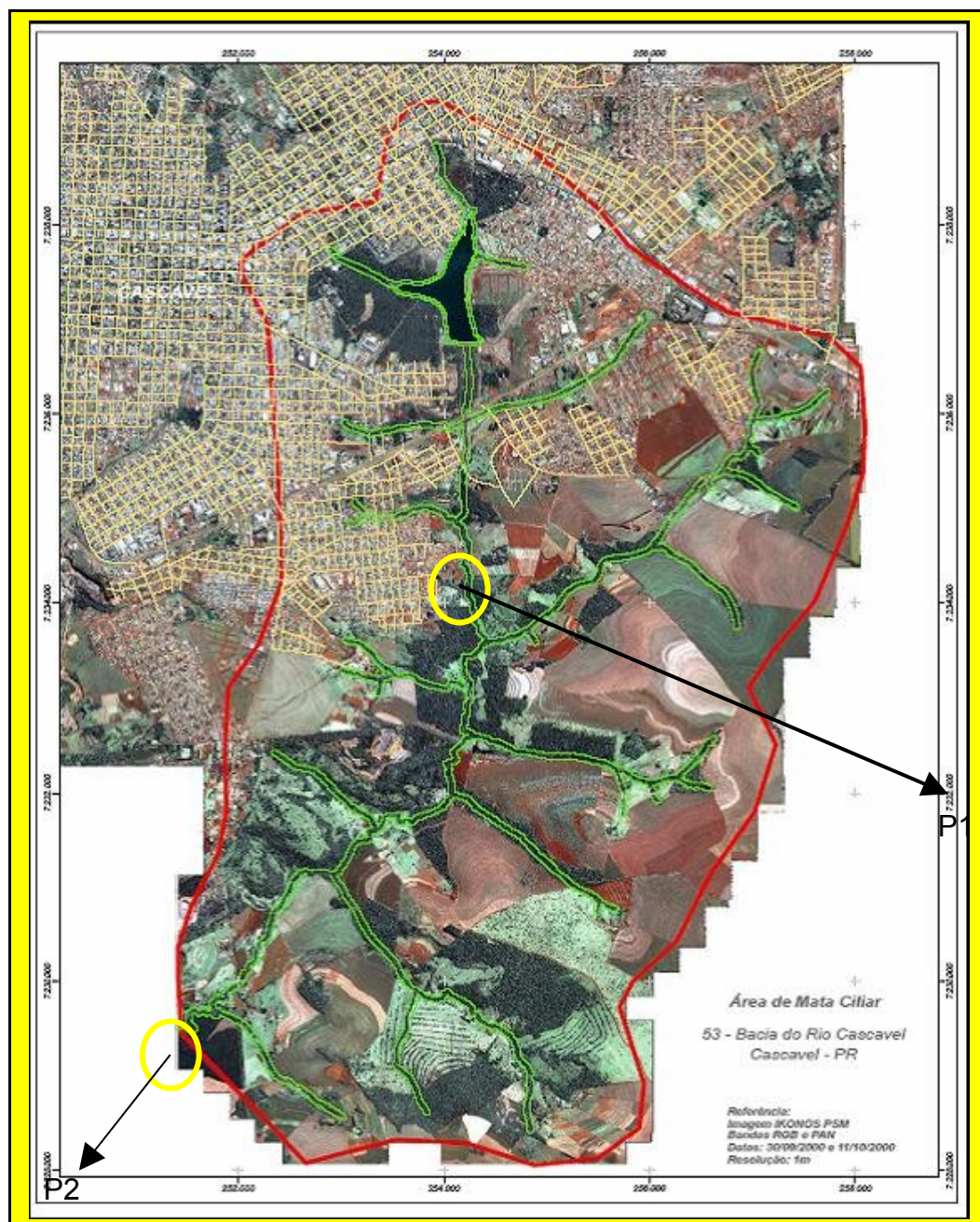


Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta na Bacia do rio Cascavel.

Fonte: adaptado de COVATTI (2006).

3.2.1 Ponto de Coleta 1 (P1) – Área Urbana

O rio tem a contribuição das águas de afluentes e efluentes vindos dos bairros Cascavel Velho, Jardim Presidente, Nova Itália e Universitário. Tem

como contribuição à seqüência do curso do rio, que ainda em área urbana, passa pelo loteamento Jaçanã, área de ocupação habitacional dentro da área de proteção ambiental e propriedades disponibilizadas pela prefeitura. A foto desse local de coleta é apresentada na Figura 2.



Figura 2 - Ponto de coleta 1 com predominância de contribuição da área urbana.

3.2.2 Ponto de Coleta 2 (P2) – Área Rural

Ponto na secção de controle da bacia, como contribuição à seqüência do curso do rio em área rural com atividade agropecuária, 800 metros antes da área de captação de água pela SANEPAR, referindo-se a secção de saída que delimita a área de drenagem. A foto desse local de coleta é apresentada na Figura 3.



Figura 3 - Ponto de coleta 2 representando a secção de controle da área de drenagem referente às áreas urbana e rural.

3.3 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras de água para determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos foram realizadas no período de abril de 2007 a junho de 2007, nos dias 02/04/2007, 09/04/2007, 26/04/2007, 02/05/2007, 14/05/2007, 22/05/2007, 25/05/2007 e 30/05/2007. Estas amostras foram coletadas com a periodicidade de 7 dias entre as coletas, ou quando ocorreu aumento significativo da vazão do rio. As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos foram acondicionadas em frascos de polietileno de 2 litros e conservadas em caixa de térmica com gelo. Para a determinação dos parâmetros microbiológicos, as amostras foram coletadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, e colocadas também em uma caixa térmica com gelo.

3.4 PARÂMETROS ANALISADOS

3.4.1 Medição da Vazão nos Pontos P1 e P2

Para obtenção da secção molhada em P1 e P2, utilizou-se um cabo de aço (Figura 4) para demarcar os pontos das verticais em cada batimetria realizada, cujo espaçamento foi estabelecido em função da largura da lâmina de água no rio (Tabela 2).



Figura 4 - Demarcação da seção escolhida.

Tabela 2 - Espaçamento das medições para uma boa representatividade do perfil do rio

| Largura do rio (m) | Espaçamento máximo (m) |
|--------------------|------------------------|
| Até 3 | 0,30 |
| 3 a 6 | 0,50 |
| 6 a 15 | 1,00 |
| 15 a 30 | 2,00 |
| 30 a 50 | 3,00 |
| 50 a 80 | 4,00 |
| 80 a 150 | 6,00 |

Fonte: BRASIL (1967).

3.4.2 Determinação das Velocidades de Fluxo

As velocidades de fluxo foram obtidas utilizando-se o molinete de eixo horizontal MLN-07 (Figura 5), posicionado em pontos específicos nas verticais das batimetrias e identificados em função da profundidade da vertical (Tabela 3). Cada leitura referiu-se ao número da rotação da hélice do molinete, fixado em 40 segundos de duração, e foi transformada em rotação por segundos, pela aplicação de uma das equações do molinete, apresentada na Tabela 4 para obter o valor da velocidade de fluxo em $m.s^{-1}$.

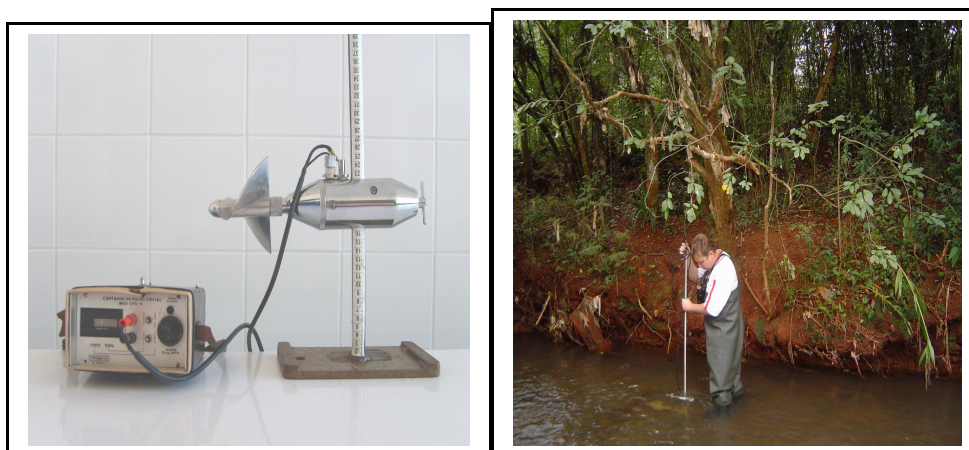


Figura 5 - Molinete MLN-07 e contador de pulsos.

Tabela 3 - Cálculo da velocidade média na vertical (método detalhado)

| Nº de pontos | Posição na vertical (*) em relação a prof. 'p' | Cálculo da velocidade média na vertical | Prof. (m) |
|--------------|---|--|------------|
| 1 | 0,6 p | $\bar{v} = v_{0,6}$ | 0,15 – 0,6 |
| 2 | 0,2 a 0,8 p | $\bar{v} = (v_{0,2} + v_{0,8})/2$ | 0,6 – 1,2 |
| 3 | 0,2; 0,6 e 0,8 | $\bar{v} = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/4$ | 1,2 – 2,0 |
| 4 | 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 p | $\bar{v} = (v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/6$ | 2,0 – 4,0 |
| 5 | S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 p e F | $\bar{v} = [v_s + 2(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,6} + v_{0,8})v_f]/10$ | > 4,0 |

Nota: (*)S- superfície; F- fundo

Fonte: BRASIL (1977).

Tabela 4 - Equação de velocidade do molinete fornecido pelo fabricante

| N (rps) | EQUAÇÃO | R ² |
|-----------------|-------------------------------------|----------------|
| $N \leq 0,5051$ | $v=0,01641847+0,25366065*N$ (rps) | 0,9978 |
| $N > 0,5051$ | $v=0,00233053 + 0,28154932*N$ (rps) | 0,99992 |

Nota: R² – Correlação.

A descarga líquida ou vazão do rio foi obtida por meio do produto da velocidade de fluxo pela área da secção molhada, para cada evento de medição em função dos pontos P1 e P2, conforme equação 1.

$$Q = V * S \quad (1)$$

Em que:

Q - vazão em m³/s;

V- velocidade do escoamento (m/s);

S - área da seção molhada (medido através da batimetria em m²).

Como a seção do rio é irregular e as medições de velocidades são feitas em alguns pontos representativos, a vazão total foi calculada como sendo a soma de parcelas de vazão de faixas verticais.

Para se calcular a vazão de tais parcelas, utilizou-se a velocidade média no perfil e sua área de influência, de acordo com a largura do rio e sua profundidade, como mostrado na Figura 6. Neste trabalho, na maioria das coletas de água, os dois pontos de coleta tiveram sua área de influência com apenas um ponto de amostragem no rio (profundidade de até 60 cm) e, quando ocorreram chuvas e a profundidade no rio dos pontos de coleta foi maior que 60 cm, foram utilizados 2 pontos de amostragem (0,2 e 0,8 cm), sendo depois feita a média entre estes dois valores.

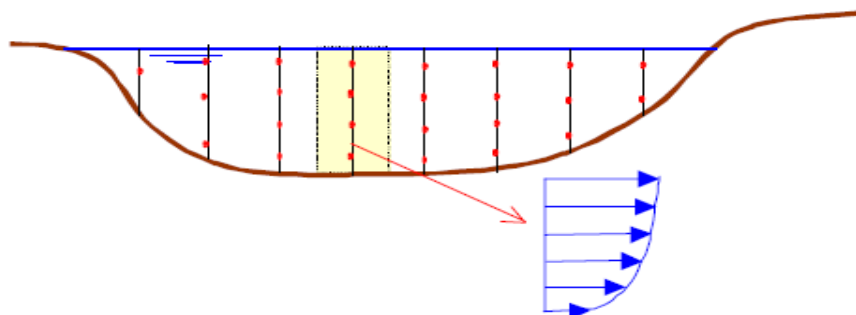


Figura 6 - Perfil de velocidades, pontos de medição e área de influência.

3.4.3 Coleta das Amostras de Água nos Pontos P1 e P2

Para coleta de amostras de água para determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foi utilizado o amostrador DH-48, que captura a amostra de água ao longo da profundidade de cada vertical, e armazena em um recipiente (garrafa de vidro), conforme Figura 7. Como havia várias verticais em cada ponto de coleta por causa da largura do rio, cada coleta d'água, em cada vertical, foi denominada uma sub-amostra, depois misturada numa única amostra (amostra composta).



Figura 7 - Equipamento DH-48 para coleta de amostras de água na secção do rio.

As amostras compostas coletadas para análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram identificadas de acordo com o número do ponto, a data e o horário da amostragem, acondicionadas em caixa térmica com gelo e conduzidas ao laboratório de hidrossedimentologia e saneamento da Unioeste.

3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As amostras de água coletadas foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos: OD (mg.L^{-1}), condutividade elétrica ($\mu\text{s.cm}^{-1}$), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, cor (PtCo mg.L^{-1}), turbidez (NUT), DQO (mg.L^{-1}), nitrogênio total (mg.L^{-1}), nitrito (mg.L^{-1}), nitrato (mg.L^{-1}), fósforo total (mg.L^{-1}) e quanto aos parâmetros microbiológicos: coliformes totais (NMP/100ml) e coliformes termotolerantes (NMP/100ml)

Os parâmetros OD e temperatura da água foram medidas a campo, com o uso do equipamento de marca Instrutherm PH - 1500, equipado com sensor Instrutherm SC - 100 (OD) e com sensor Instrutherm ST - 200 (temperaturas da água).

Para a determinação dos parâmetros pH, cor, turbidez e condutividade elétrica foram medidas em laboratório com os equipamentos pHmetro marca Tec-3MP, espectrofotômetro marca HACH, modelo 2010; espectrofotômetro marca HACK, modelo 2100 e condutivímetro modelo MCA 150 p, respectivamente.

Os parâmetros físico-químicos (nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo e DQO), das amostras foram analisados com repetições, no laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Cascavel, de acordo as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995).

Os parâmetros microbiológicos: coliformes totais e termotolerantes, também foram analisados no laboratório de Saneamento Ambiental, pelo método COLILERT (Cartelas).

Os limites de tolerância utilizados para os parâmetros analisados foram preconizados de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, mostrados na Tabela 4.

Tabela 5 - Valores de referências disponíveis na Resolução CONAMA 357/2005, para alguns parâmetros monitorados no presente trabalho

| PARÂMETRO/ REFERÊNCIAS | CONAMA | CONAMA |
|---|-------------|-------------|
| | 357/2005 | 357/2005 |
| | CLASSE 2 | CLASSE 3 |
| Oxigênio Dissolvido mg.L ⁻¹ | >5 | >4 |
| Turbidez (NTU) | ≤ 100 | ≤ 100 |
| Fósforo total mg.L ⁻¹ | 0.030 | 0.050 |
| Nitrito mg.L ⁻¹ | 1 | 1 |
| Nitrato mg.L ⁻¹ | 10 | 10 |
| pH (logarítmica) | 6.0 até 9.0 | 6.0 até 9.0 |
| Cor verdadeira (PtCo mg.L ⁻¹) | ≤ 75 | ≤ 75 |
| Coliformes Totais (NMP) / 100 ml | 5000 | 20000 |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) /100 ml | 1000 | 4000 |

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para analisar os resultados dos parâmetros estudados neste trabalho, foram utilizados gráficos de linhas plotados em planilha eletrônica Excel da Microsoft®, sendo estas linhas somente para avaliação do comportamento dos parâmetros em estudo e não uma afirmação. Para confirmação destes comportamentos, foram realizadas análises estatísticas utilizando matriz de correlação pelo software SPSS, versão 10.0, entre os parâmetros em estudo nos 2 pontos de coleta, em relação à vazão do rio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Pode-se verificar na Figura 8, em relação ao oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e à temperatura ($^{\circ}\text{C}$) medidas *in situ*, com exceção dos pontos de coletas nas datas de 25/5 e 30/5/07, todos os valores de OD tiveram sua concentração abaixo do valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2 ($> 5 \text{ mg. L}^{-1}$). Tanto no ponto 1 como no ponto 2, houve um considerado aumento de concentração de matéria orgânica no corpo d'água, principalmente pelo lançamento direto de efluentes no rio e pela poluição pontual e difusa, agravada pela ausência de mata ciliar e uso e ocupação do solo ao seu redor, influenciando assim nas concentrações de oxigênio dissolvido.

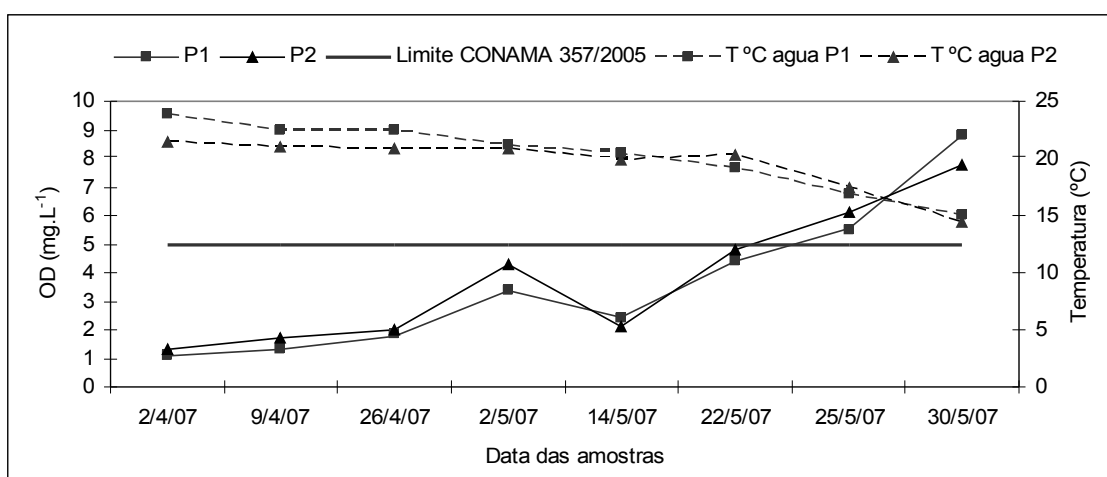


Figura 8 - Valores de temperatura da água e oxigênio.

Na Figura 9, observa-se uma tendência de alteração de OD com o aumento das vazões ocasionadas pelas chuvas, nos 2 pontos estudados até o

dia 22/05/07. Esses resultados corroboram os estudos de NAIME e FAGUNDES (2005) que, analisando o controle da qualidade do rio Portão - RS, concluíram que o aumento da pluviosidade e conseqüentemente a vazão, aumentam o teor de oxigênio dissolvido.

Os menores valores de OD ocorreram sempre no ponto 1 (área urbana), variando entre 1,1 e 7 mg.L⁻¹ e os maiores valores de OD ocorreram sempre no ponto 2 (área rural), variando de 1,3 a 7,8 mg.L⁻¹. Pode-se verificar que nos dias 25/05/07 e 30/05/07 com a diminuição da temperatura (17,4 °C e 14,5 °C respectivamente), os valores de OD aumentaram quando a vazão do rio diminuiu. Esse comportamento já era previsto, considerando-se que temperaturas menores promovem maior solubilidade de oxigênio dissolvido. Esse resultado corrobora os dados da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1998), que ressalta que a concentração de oxigênio dissolvido na água pode oscilar muito e seu equilíbrio no ambiente é dependente da pressão atmosférica e da temperatura.

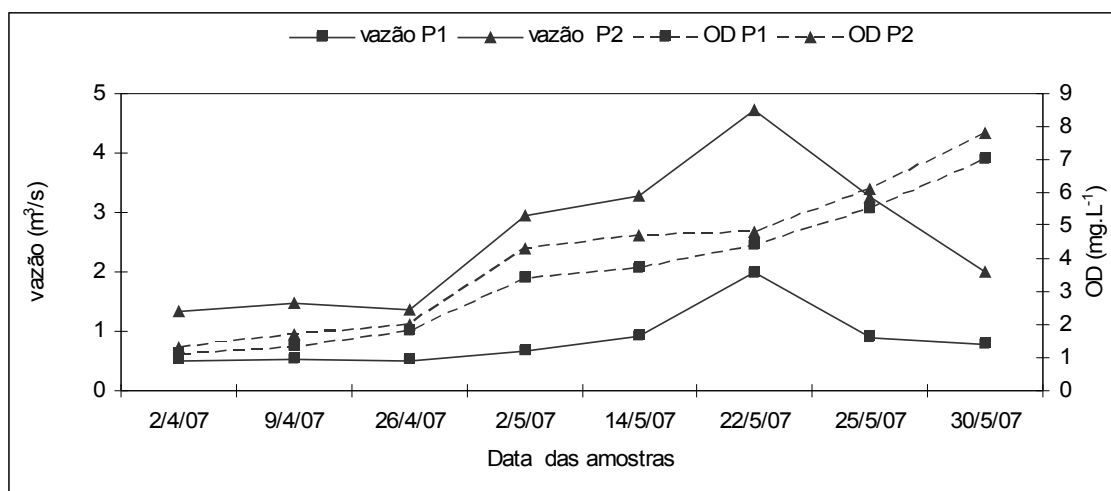


Figura 9 - Variação do OD em função da vazão.

4.2 pH

O pH é uma característica importante a ser controlada em um manancial, haja vista que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos presentes. A Figura 10 apresenta os valores de pH dos pontos de coleta 1 e 2 do rio Cascavel.

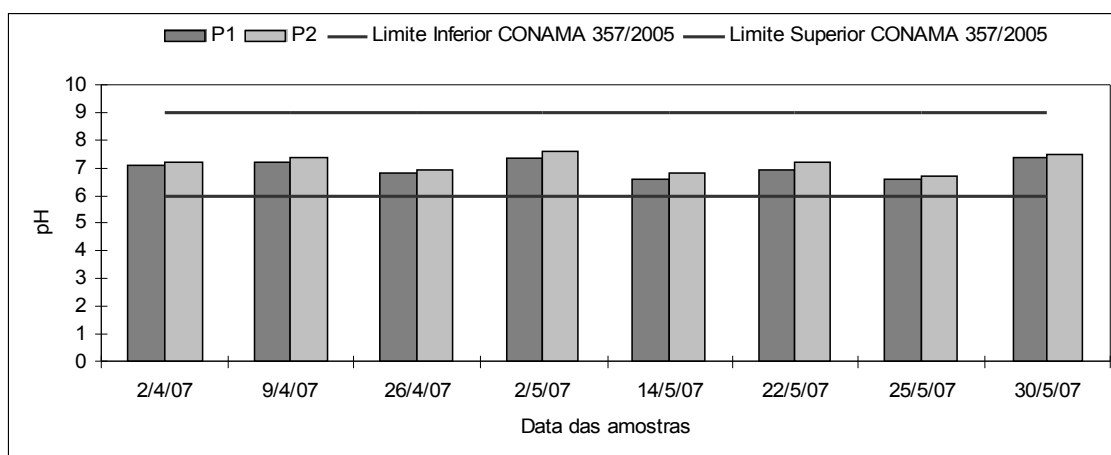


Figura 10 - Valores de pH.

De acordo com as faixas de pH estabelecidas na Resolução CONAMA 357/2005, as águas do rio Cascavel se mantiveram próximas da neutralidade, apresentando condições de classe 2 (6 a 9) em todos os pontos coletados.

Na Figura 11, observa-se que não há uma tendência nítida de alteração de pH em relação às vazões, podendo-se verificar que não houve uma correlação entre vazão e pH. Os menores valores de pH ocorreram sempre no ponto 1 (área urbana), permanecendo entre 6,6 e 7,4. Porém, apesar do ponto 1 estar distante do ponto 2 (área rural), aproximadamente 5 km em linha reta, pode-se verificar que os valores de pH no ponto 2 com mínimo de 6,7 e 7,6 não apresentam grande variabilidade em relação ao ponto 1. Esses dois pontos recebem influências de substâncias tamponadoras, mesmo em pequenas quantidades originárias da área urbana e rural. Estes resultados discordam de FRITZON *et al.* (2003) e NAIME e FAGUNDES (2005) que, analisando as conseqüências da alteração da vazão sobre alguns

parâmetros de qualidade de água fluvial, concluíram que quanto maior a vazão, mais elevado o pH.

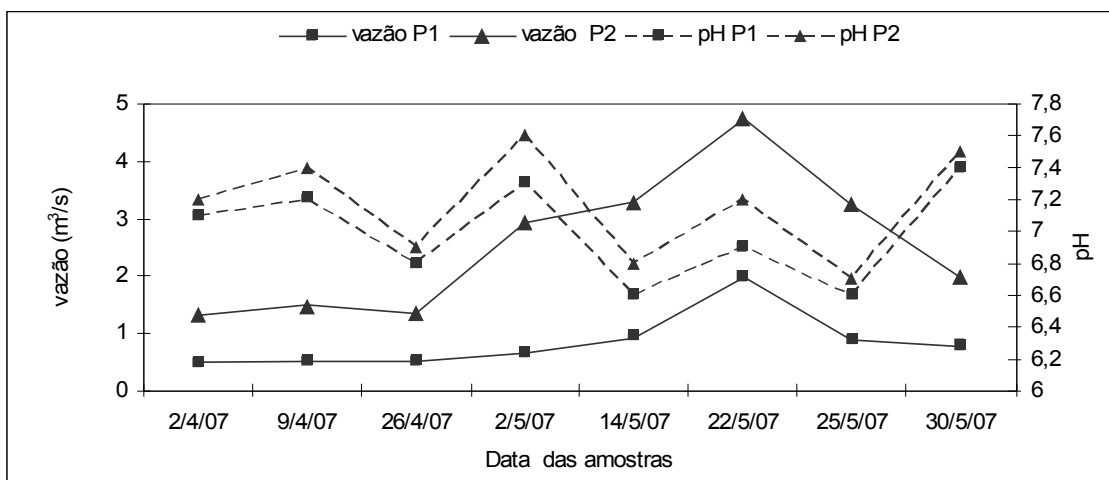


Figura 11 - Variação do pH em função da vazão.

4.3 CONDUCTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é originada pela presença de sais dissolvidos na forma de íons dissociados eletroliticamente. Como o indicador condutividade elétrica não possui limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, foi analisado somente em relação às vazões. Os valores obtidos da condutividade elétrica em relação às vazões nos pontos de coleta 1 e 2 são indicados na Figura 12.

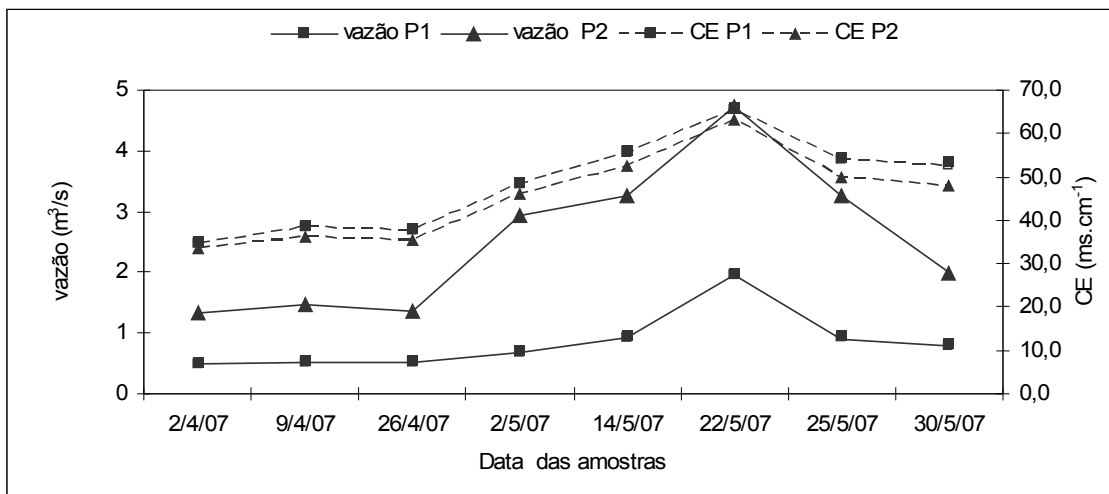


Figura 12 - Variação da CE em função da vazão.

Verifica-se que a condutividade elétrica é sempre maior no P1 (área urbana) do que no P2 (área rural). Esses resultados demonstraram que tanto na área urbana quanto na área rural, quando há aumento na vazão do rio há um aumento da condutividade elétrica, tendo maior carreamento de substâncias inorgânicas do que na área rural. Um dos motivos seja por que a área rural apresenta maior área de mata ciliar, protegendo melhor o solo contra possíveis erosões e carreamento de materiais para o rio.

4.4 SÉRIES DE NUTRIENTES

4.4.1 Nitrogênio Total Kejdhal (NTK)

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos dejetos, provocam o enriquecimento do meio, o que é chamado de eutrofização. Como o indicador NTK não possui limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, foi analisado somente em relação às vazões. Os valores obtidos com as medidas das vazões dos pontos de coleta 1 e 2 para a variável NTK (mg. L⁻¹) são indicados na Figura 13.

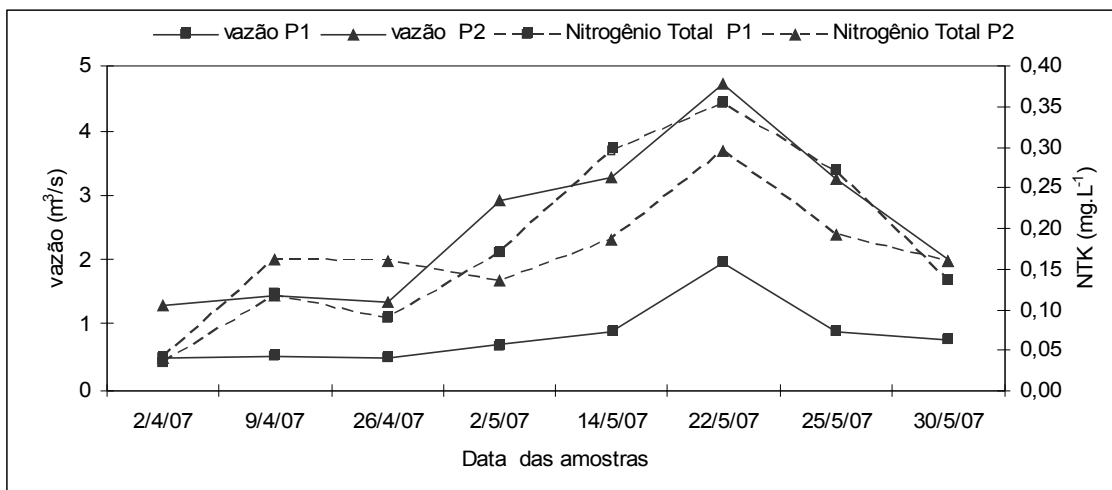


Figura 13 - Variação da concentração de NTK em função da vazão.

Em relação à vazão, pode-se verificar que a NTK é menor no P1 (área urbana) quando não há incidências de chuvas do que no P2 (área rural). Observa-se que à medida que aumenta a vazão no rio (02/05/07) aumenta a concentração de NTK no P1. Esse resultado demonstra além de uma correlação entre si, uma fonte de poluição recente e estão de acordo com os obtidos por MOLINA (2006) que, estudando a qualidade da água na microbacia do Córrego Água da Bomba no município de Regente Feijó – SP, observou pequenas variações de NTK em 3 pontos de amostragem. Observou-se também que no período chuvoso a maior concentração de NTK era no Ponto 1 (área urbana), onde a causa principal das concentrações de nitrogênio foram águas pluviais escoadas da cidade e a poluição difusa devido ao carreamento de materiais sólidos. Verificou-se também, a existência de variações do NTK no decorrer dos períodos de coleta das amostras, sem, contudo, mostrar tendências de acúmulo de NTK em função do tempo, tanto na área urbana como na área rural.

4.4.2 Nitrito

As variações das concentrações de nitrito no são apresentadas na Figura 14. De acordo com as faixas de nitrito nos pontos de coleta P1 e P2,

pode-se verificar que não ultrapassou os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 1 mg.L^{-1} .

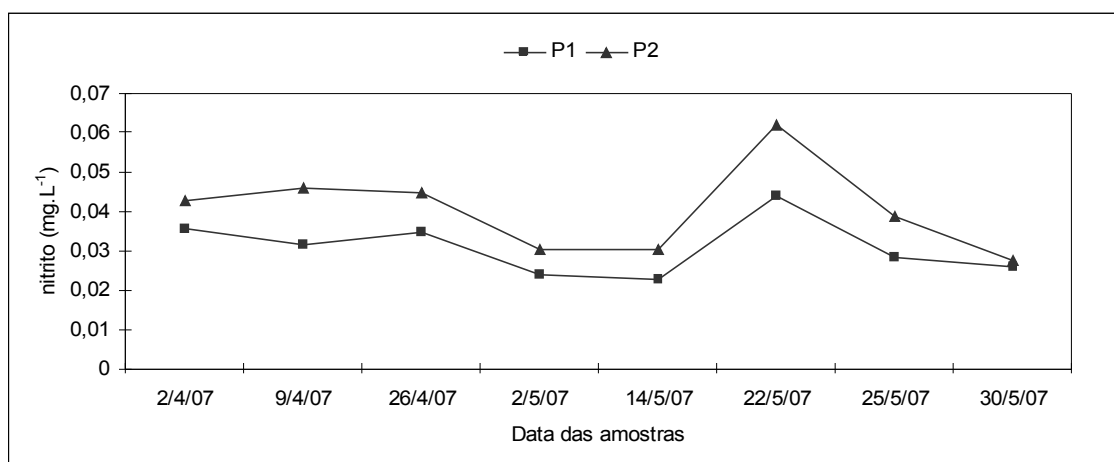


Figura 14 - Valores de nitrito.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 15 que a concentração de nitrito é menor no P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidência de chuvas em relação ao P2 (área rural). Isso indicou não haver um processo de nitrificação nos pontos em estudo. Os resultados discordam dos obtidos por SILVEIRA *et al.* (2006), que avaliando a qualidade de duas microbacias do rio Mogi Guaçu – SP, em relação aos impactos agrícolas, encontraram concentrações de nitrito acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 em todos os pontos estudados, indicando problemas de nitrificação.

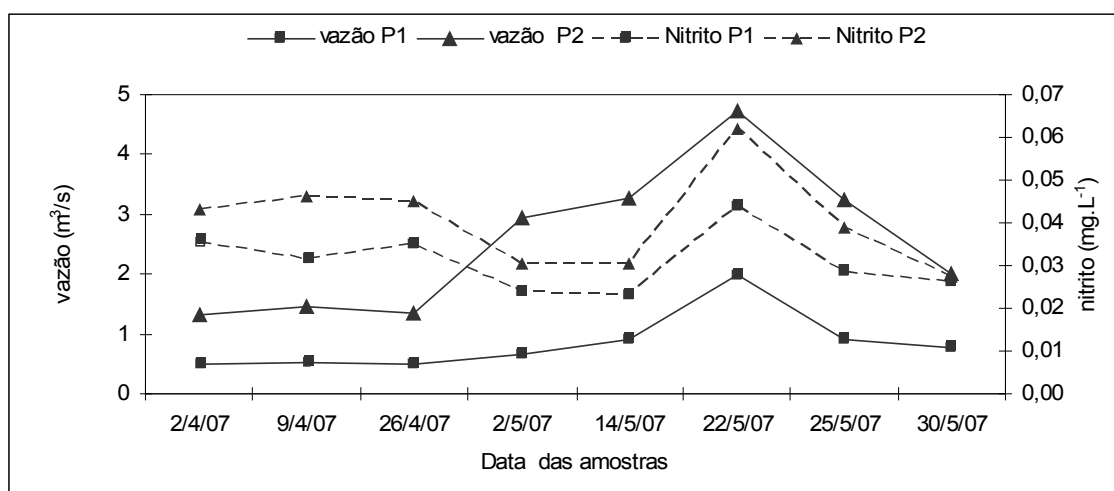


Figura 15 - Variação da concentração de nitrito em função da vazão.

4.4.3 Nitrato

As variações das concentrações de nitrato são apresentadas na Figura 16. De acordo com as faixas de nitrato nos pontos de coleta P1 e P2, pode-se verificar que não ultrapassou os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 10 mg.L⁻¹.

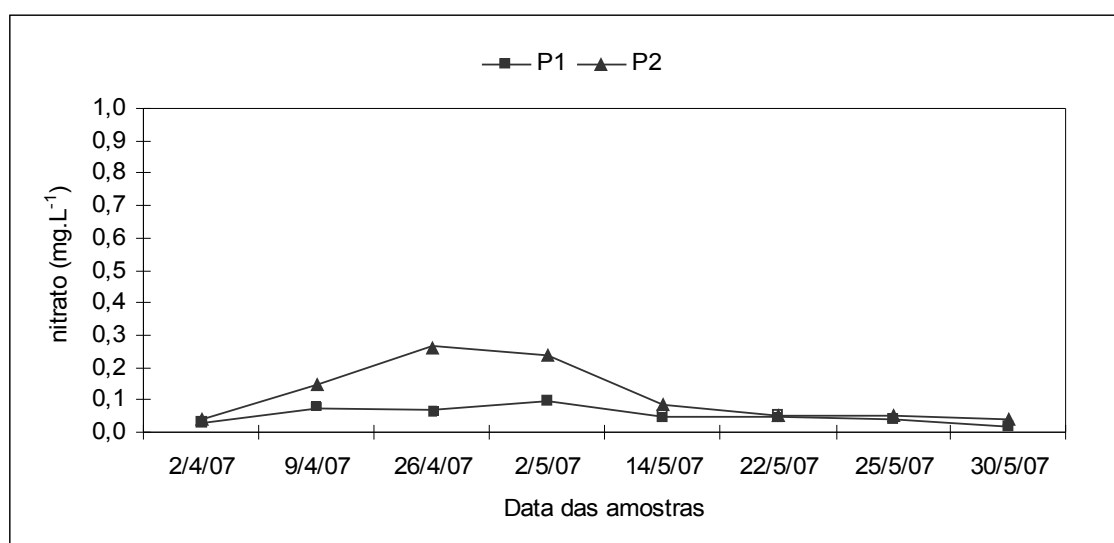


Figura 16 - Valores de nitrato.

Na Figura 17 em relação à vazão, pode-se verificar que a concentração de nitrato é menor no P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidências de chuvas em relação ao P2 (área rural). Pode-se observar que a jusante de P1 (área urbana), quando a vazão permanecia praticamente inalterada (02/04, 09/04 e 26/4/07), havia uma tendência no aumento de nitrato até o dia 26/04 e uma tendência na diminuição quando começa a aumentar a vazão no rio (02/05). Devido ao P2 estar numa área rural e, devido às práticas agrícolas, a exposição do solo por cobertura de pouca proteção efetiva e a aplicação de fertilizantes podem representar as razões para este comportamento. Os resultados obtidos corroboram CASTRO e MENDONÇA (2004) que, estudando os impactos do homem em bacias de mananciais rurais, encontram níveis de nitrato inferiores ao limite estipulado pela Resolução CONAMA 20/1986, porém, encontrado em maior quantidade em regiões com práticas agrícolas.

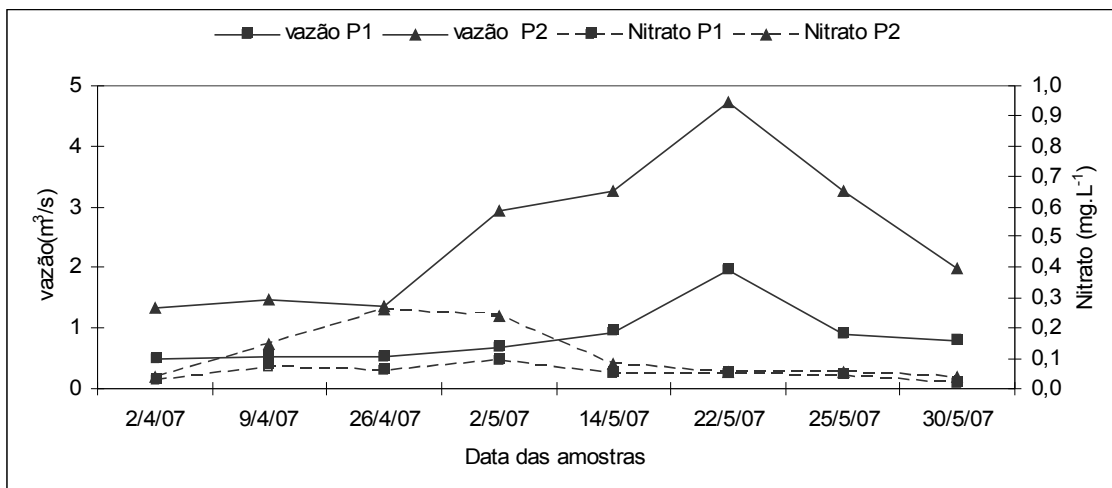


Figura 17 - Variação da concentração de nitrato em função da vazão.

4.4.4 Fósforo

As variações das concentrações de fósforo são apresentadas na Figura 18. De acordo com as faixas de fósforo, nos pontos de coleta P1 e P2, pode-se verificar que a concentração não ultrapassou os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 que é de até $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

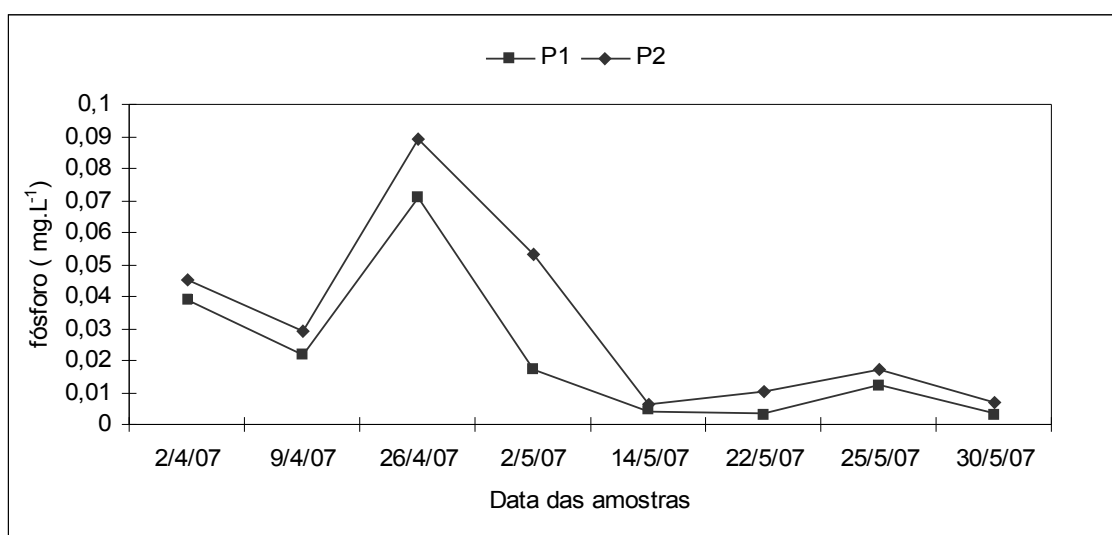


Figura 18 - Valores de fósforo total.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 19 que a concentração de fósforo é menor no P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidências de chuvas, em relação ao P2 (área rural). Devido ao P2 estar numa área rural, a exposição do solo por cobertura de pouca proteção efetiva e a aplicação de fertilizantes podem representar as razões para esse comportamento. Esses resultados discordam dos relatados por GUIMARÃES *et al.* (2005) e TOLEDO e NICOLLELA (2002), em que ambos os autores indicam que o aporte de fósforo aos recursos hídricos tem como agente principal o uso urbano, seguido pelo agrícola.

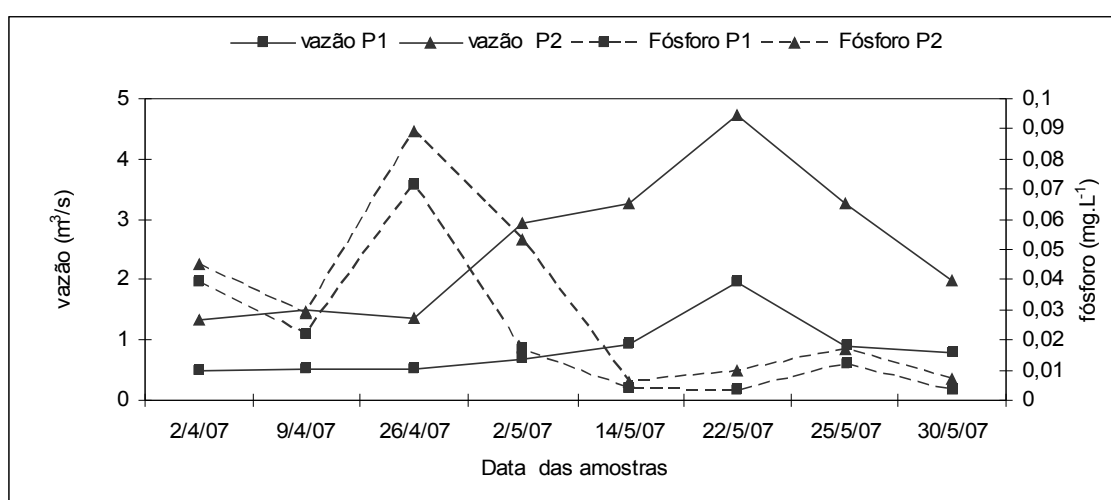


Figura 19 - Variação da concentração de fósforo em função da vazão.

4.5 TURBIDEZ

As variações dos valores de turbidez são apresentadas na Figura 20. De acordo com valores de turbidez nos pontos de coleta P1 e P2, pode-se verificar que não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 100 UNT.

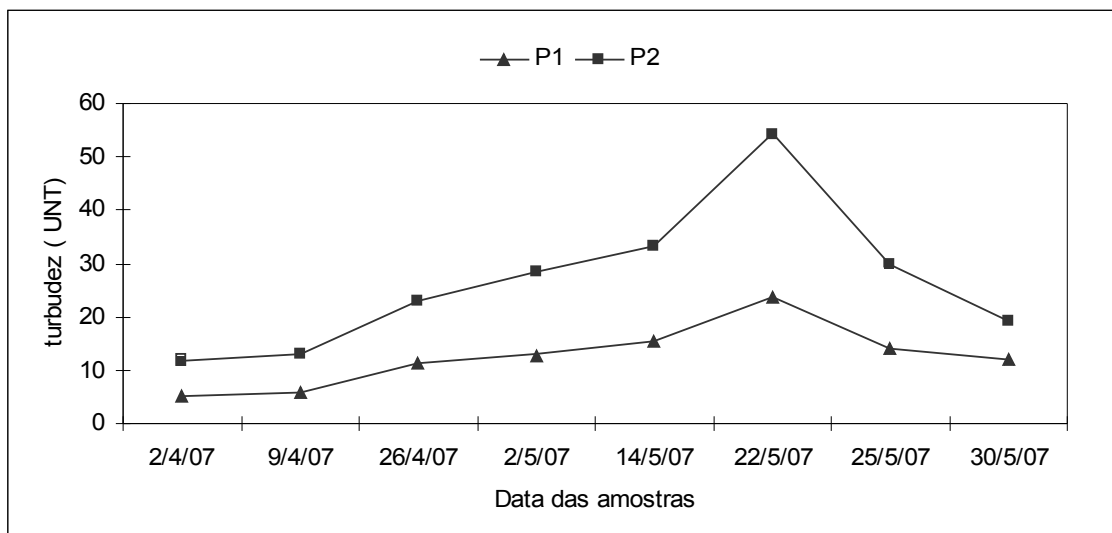


Figura 20 - Valores de turbidez.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 21 que os valores de turbidez tiveram uma correlação com o aumento da vazão, sendo sempre menores no P1 (área urbana) do que no P2 (área rural). Mesmo durante eventos de escoamento superficial intenso, conforme verificado no dia 22/05/07, os valores obtidos indicam que o material advindo da erosão nas áreas adjacente não tem comprometido a qualidade das águas de forma significativa.

Esses resultados corroboram os de LOPES *et al.*(2006) que, avaliando a influência de área de solo exposto sobre a qualidade da água do Ribeirão de Carrancas – MG, concluíram que os valores mais elevados de turbidez foram verificados nas amostras realizadas no ponto a jusante da área urbanizada. Também FRITZSONS *et al.*(2003), analisando a qualidade da água do rio Capivari, na região metropolitana de Curitiba – PR, com o deflúvio, concluíram que a turbidez tende a se elevar quando a vazão aumenta.

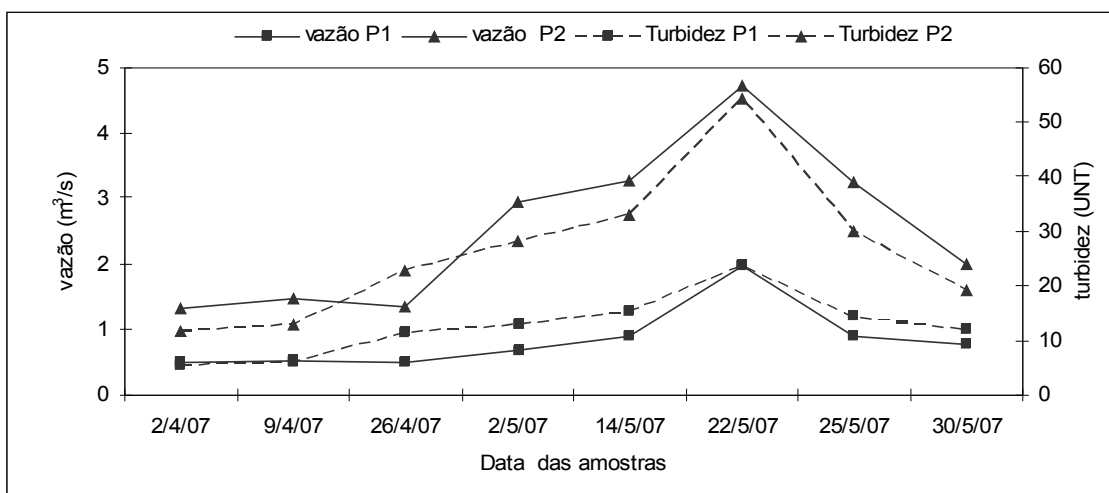


Figura 21 - Variação da turbidez em função da vazão.

4.6 Cor

As variações dos valores da cor são apresentadas na Figura 22. Pode-se perceber que houve extrapolações em todos os limites de coleta do P2 e também no P1, a partir do dia 2/5, 14/5 e 22/5/7 do valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 75 PtCo.mg. L⁻¹.

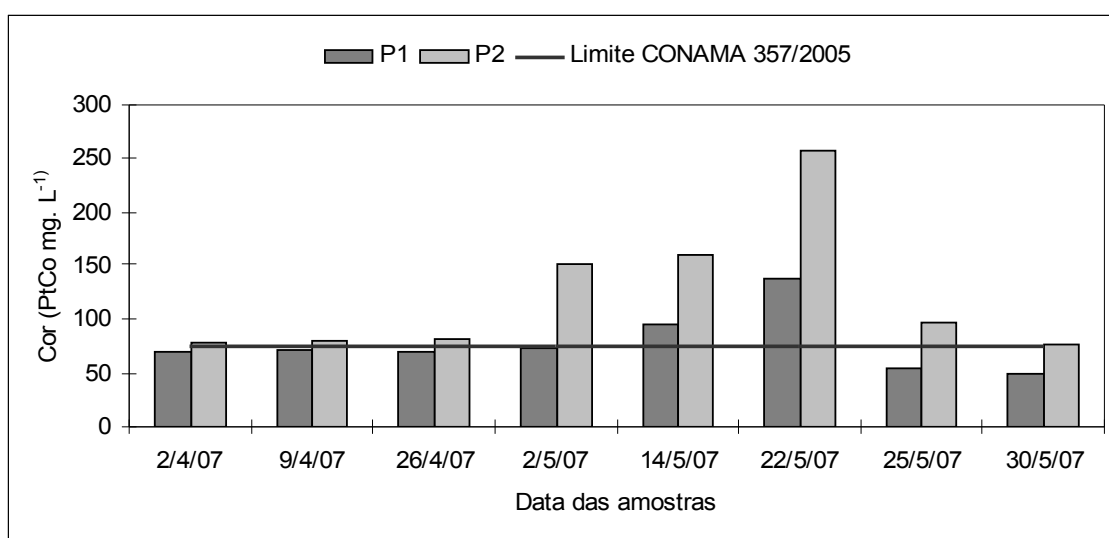


Figura 22 - Valores da cor.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 23 que os valores da cor são menores no P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidências de chuvas em relação ao P2 (área rural). A cor teve correlação direta com a vazão, ou seja, quando aumentou a vazão no dia 02/05/07, aumentou a cor da água, demonstrando, assim, uma alta carga de substâncias dissolvidas nas águas do rio Cascavel. Esse resultado está de acordo com o relatado por FRITZSONS *et al.* (2003) que, analisando a qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio, concluíram que a cor tende a se elevar, quando a vazão aumenta.

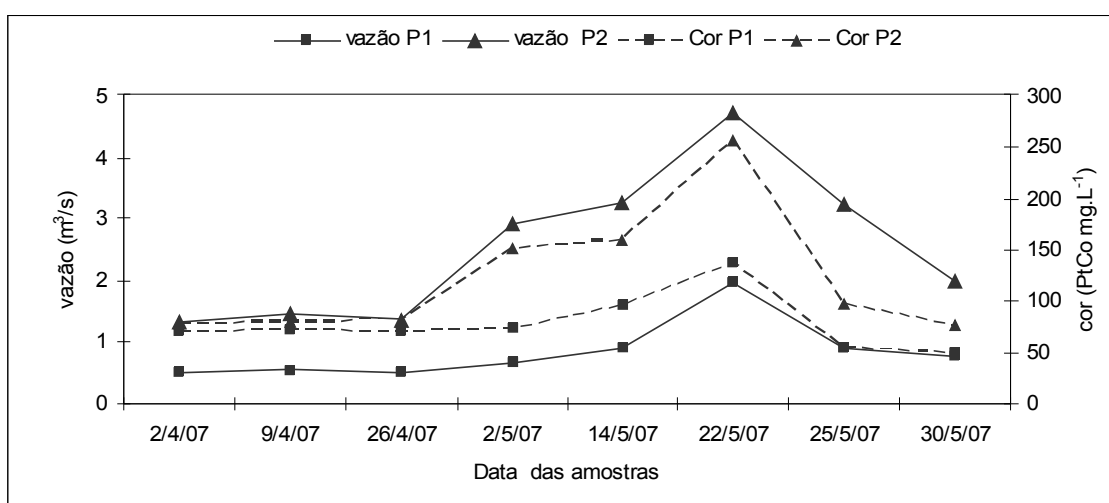


Figura 23 - Variação da cor em função da vazão.

4.7 DQO

Como o indicador DQO não possui limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, somente foi analisado em relação às vazões. Os valores obtidos com as medidas das vazões e as variações dos valores da DQO (mg.L^{-1}), dos pontos de coleta 1 e 2 são indicados na Figura 24.

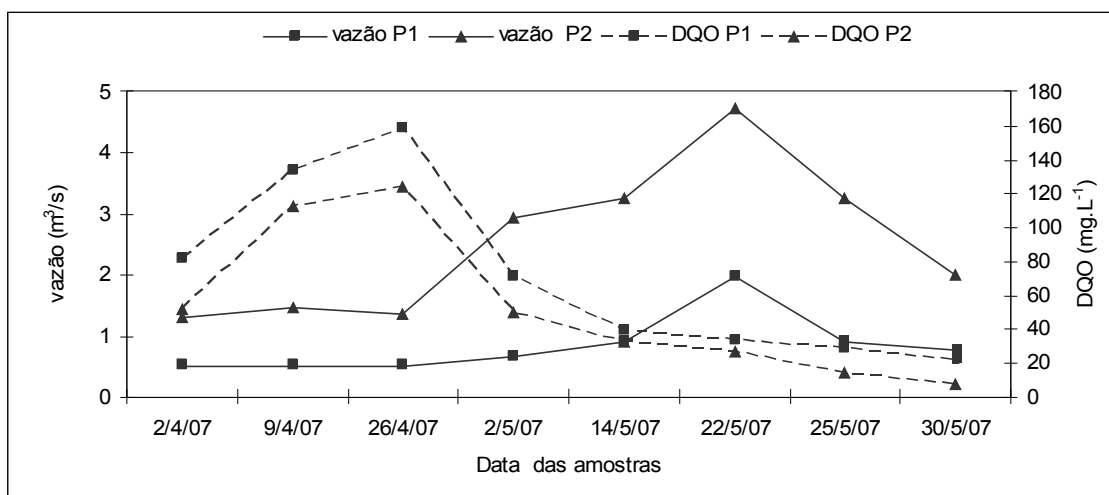


Figura 24 - Variação da DQO em função da vazão.

Pode-se verificar que todos os valores de DQO são maiores no P1 (área urbana) independente do aumento ou diminuição da vazão no período estudado. Isto se deve a P1 estar numa região mais habitada por pessoas, que apresenta uma maior introdução de matéria orgânica de esgotos.

Verifica-se que, no dia 26/04/07, há um aumento da DQO, tanto no P1 quanto no P2, mesmo a vazão não ter sido alterada e que, bruscamente, no dia 02/05/07 aumenta a vazão tanto no P1 como no P2, porém, diminuindo a DQO. Isto se deve ao fato de que quando a vazão não aumentava, havia cada vez mais aumento de matéria orgânica despejada no rio, aumentando a DQO. Outra variável que contribuiu com este aumento de DQO é o nível de oxigênio dissolvido nesse dia: 3,4 e 4,3 mg. L⁻¹, respectivamente para P1 e P2, sendo praticamente o dobro do dia 26/04/07: 1,8 e 2 mg. L⁻¹, respectivamente para P1 e P2. Verifica-se ainda que a partir do dia 25/05 e 30/05/07 houve uma diminuição na vazão, porém os valores de DQO não aumentam. Isto se deve ao fato de que a diminuição da temperatura e, conseqüentemente, o aumento do oxigênio dissolvido, diminui a quantidade de matéria orgânica. Esses resultados estão de acordo com os relatados por VALENTE, PADILHA e SILVA (1997) que, estudando OD, DBO e DQO como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés na cidade de Botucatu – SP, concluíram que a diminuição de OD ao entrar na cidade aumentava a DQO.

4.8 COLIFORMES TOTAIS

As variações dos valores de coliformes totais são apresentadas na Figura 25. De acordo com o número mais provável (NMP) de coliformes totais, houve extrapolações em todos os limites de coleta do P1 e do P2, de acordo com o valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 5000 NMP/ 100 ml⁻¹.

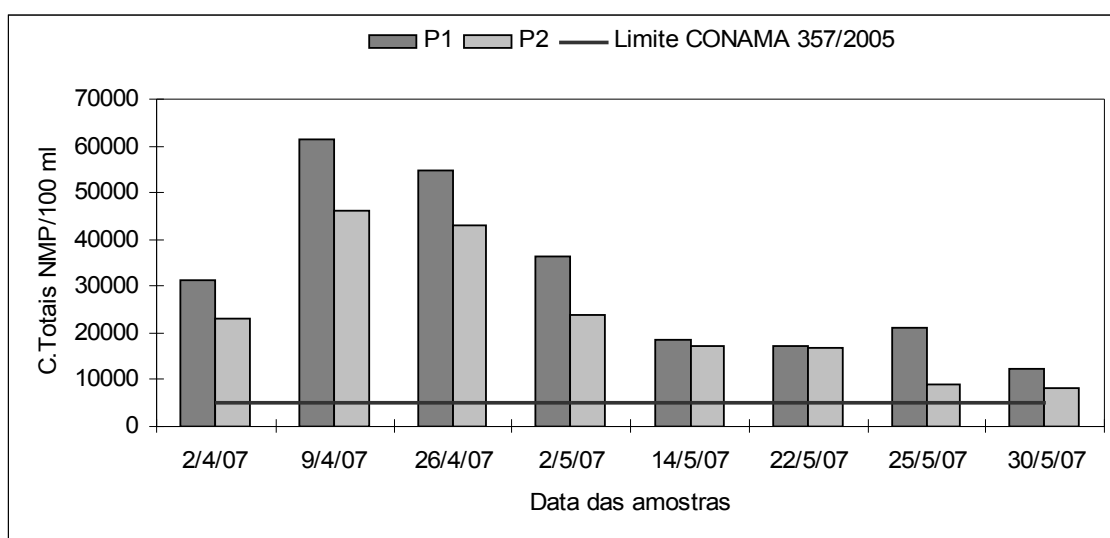


Figura 25 - Valores de coliformes totais.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 26 que os valores de coliformes totais são maiores do P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidências de chuvas em relação ao P2 (área rural).

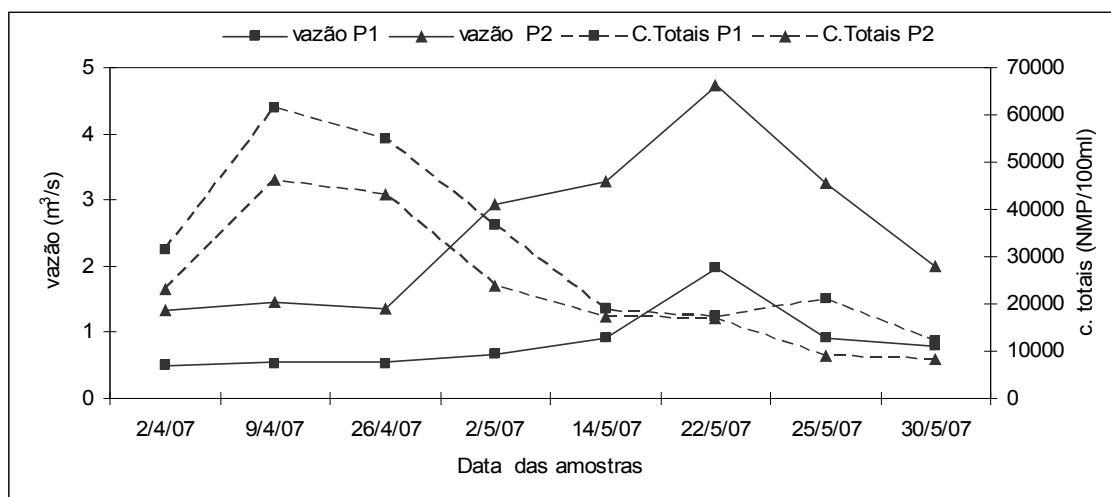


Figura 26 - Variação dos coliformes totais em função da vazão.

Observa-se que nos dias 02/04/07 e 09/04/07 com a vazão constante, os valores de coliformes totais aumentaram e no dia 26/04/07 diminuíram, mesmo, aparentemente, mantendo a mesma vazão no rio. Isso teve relação com o oxigênio dissolvido, pois, nos dias 02/04/07 e 09/04/07 havia baixas concentrações de oxigênio dissolvido: 1,1 e 1,3 mg.L⁻¹, respectivamente, e no dia 26/04/07 o valor de oxigênio dissolvido aumentou para 1,8 mg.L⁻¹, diminuindo o valor de coliforme total. Verifica-se que à medida que a vazão do rio aumenta os valores de coliformes totais, tanto no P1 como no P2 diminuiu, mostrando também uma correlação com o oxigênio dissolvido que teve tendências de aumento.

4.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

As variações dos valores de coliformes termotolerantes são apresentadas na Figura 27. De acordo com o número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes, houve extrapolações no P1 nos dias 09/04/07, 26/04/07 e 02/05/07 e, no dia 26/04/07, no P2 de acordo com os valores estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de até 1000 NMP/100 ml⁻¹. Mesmo com essas extrapolações, esses pontos não comprovam, necessariamente, que há contaminação por coliformes termotolerantes, pois,

de acordo com a resolução seria necessária a contaminação fecal em, pelo menos, 80% das amostras, durante o período de 1 ano com amostras bimestrais, o que não se pode observar em função do tempo deste estudo.

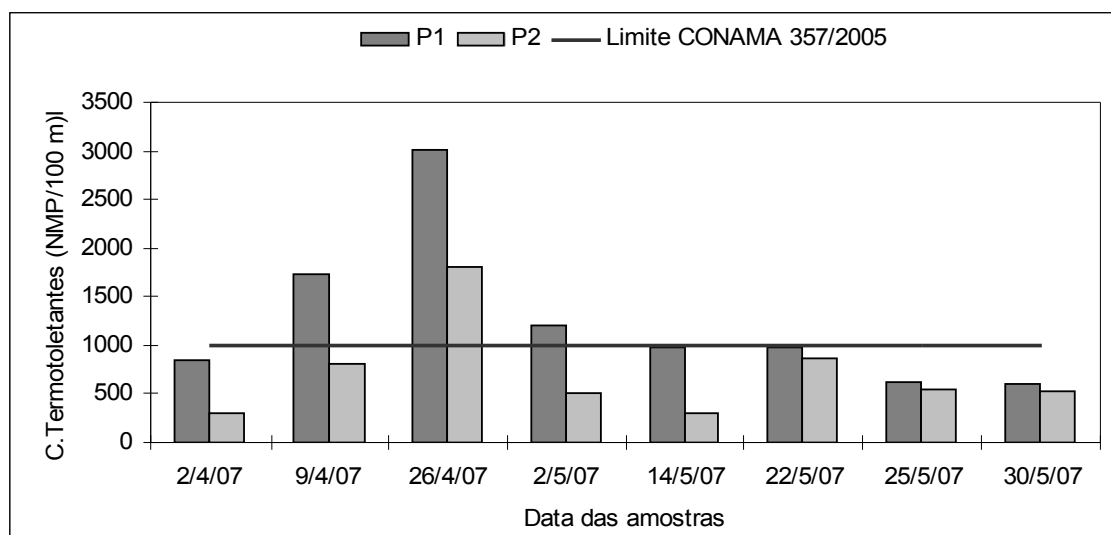


Figura 27 - Valores de coliformes termotolerantes.

Em relação à vazão, pode-se verificar na Figura 28 que os valores de coliformes termotolerantes foi maior no P1 (área urbana), tanto com quanto sem incidências de chuvas em relação ao P2 (área rural). Verifica-se que nos dias 02/04/07 e 09/04/07 com a vazão constante, os valores de coliformes termotolerantes aumentaram e, no dia 26/04/07, diminuíram, mesmo, aparentemente, mantendo a mesma vazão no rio. Isso também teve relação com o oxigênio dissolvido, pois nos dias 02/04/07 e 09/04/07 havia baixas concentrações de oxigênio dissolvido: 1,1 e 1,3 mg. L⁻¹, respectivamente, e no dia 26/04/07 o valor de oxigênio dissolvido aumentou para 1,8 mg.L⁻¹, diminuindo os valores de coliformes termotolerantes. Verifica-se que, à medida que a vazão do rio aumenta, os valores de coliformes termotolerantes, tanto no P1 como no P2 diminuiu, mostrando também uma correlação com o oxigênio dissolvido que teve tendências de aumento.

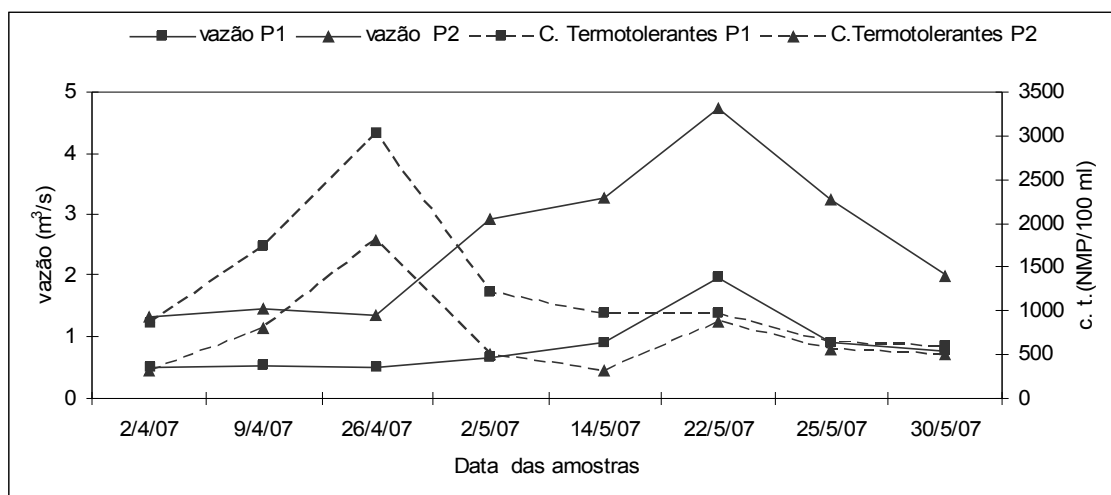


Figura 28 - Variação dos coliformes termotolerantes em função da vazão.

Esses valores de coliformes termotolerantes corroboram os relatados LATUF (2004) que, fazendo um diagnóstico das águas do córrego São Pedro, na cidade de Juiz de Fora – MG, demonstrou que o aumento da pluviosidade diminuiu os números de coliformes termotolerantes.

Porém, esses valores de coliformes termotolerantes discordam dos indicados pela SUDERHSA (PARANÁ, 1997), em que, no aumento da vazão em períodos de chuvas, alguns rios de algumas bacias do Paraná diminuíam sua qualidade, avaliados pelo IQA, devido à elevação da DBO, DQO, nitrogênio e coliformes termotolerantes.

4.10 CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

A Tabela 6 mostra as matrizes de correlação linear de Pearson para os parâmetros monitorados nos pontos 1 e 2.

Tabela 6 - Parâmetros correlacionados com $R > 0,70$ e número de pares de dados de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 2 do rio Cascavel – PR em relação à vazão dos de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 2 do rio Cascavel – PR em relação à vazão

| PONTO AMOSTRAL | PARÂMETROS CORRELACIONADOS | CORRELAÇÃO | P-VALOR | NÚMERO DE PARES DE DADOS |
|----------------|----------------------------|------------|---------|--------------------------|
| Ponto 1 | Vazão x Turbidez | 0,911** | 0,002 | 13 |
| | Vazão x Cor | 0,818* | 0,013 | 13 |
| | Vazão x CE | 0,867** | 0,005 | 13 |
| | Vazão x NTK | 0,831* | 0,011 | 13 |
| Ponto 2 | Vazão x Turbidez | 0,932** | 0,001 | 13 |
| | Vazão x Cor | 0,896** | 0,003 | 13 |
| | Vazão x CE | 0,927** | 0,001 | 13 |
| | Vazão x NTK | 0,765* | 0,027 | 13 |

Nota: * Correlação significativa ao nível de 5%.

** Correlação significativa ao nível de 1%.

Percebe-se na Tabela 6 que tanto no Ponto 1 quanto no Ponto 2, existem correlações fortes positivas entre os parâmetros turbidez, cor, CE e NTK, em relação à vazão.

Essas correlações demonstram que tanto no Ponto 1 (área urbana) quanto no Ponto 2 (área rural), com o aumento da vazão, houve aumento na turbidez da água do rio Cascavel, sendo os resultados de erosão das margens dos rios e esgotos sanitários devidos à presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica. Conseqüentemente, com o aumento da turbidez, houve um aumento da cor do rio Cascavel e, conseqüentemente, uma maior condutividade elétrica (CE). Pode-se verificar-se ainda uma correlação com o nitrogênio total Kejdhal (NTK), sendo este uma forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, podendo contribuir para a completa abundância de nutrientes na água e sua posterior eutrofização.

5 CONCLUSÕES

A partir da análise os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, estudados em função da vazão dos pontos em área urbana e área rural, foram confrontados com os valores da resolução CONAMA 357/2005. Com os resultados obtidos pela pesquisa foi possível concluir que:

1. Em relação a parâmetro oxigênio dissolvido, mesmo com o aumento da vazão, mostrou-se tanto na área urbana como rural com valores abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para rio classe 2. Isto demonstra um nível de poluição no rio Cascavel que pode ser prejudicial à vida de algumas espécies de peixes;
2. Os parâmetros DQO, coliformes totais e coliformes termotolerantes, demonstraram sensibilidade suficiente para representar alterações maiores na área urbana quando apresentam menor vazão.
3. Em relação aos parâmetros nutrientes (fósforo total, nitrito e nitrato) sua vazão e incorporação no rio Cascavel sempre foi maior no ponto 2 (área rural) do que no ponto 1 (área urbana), porém em nenhum destes pontos são extrapolados os valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, demonstrando assim ainda não haver problemas em relação à eutrofização.
4. Os parâmetros turbidez, cor, condutividade elétrica e NTK, não se mostraram sensíveis para diferenciar as alterações da qualidade da água do rio Cascavel, provocadas pelo uso urbano e rural, de acordo com os valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2. Porém, esses parâmetros apresentaram uma forte correlação com a vazão, podendo comprometer futuramente a qualidade da água do rio em estudo, se prevalecerem os comportamentos observados.

REFERÊNCIAS

ABEL, P. D. **Water pollution biology**. Chichester-Inglaterra: Ellis Howord Limited, 1989.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th Ed. Washington: APHA, 1995.

ANDREOLI, O. S. Estudo hidrológico dos tributários do reservatório do Irai, Pinhais – PR. In: SEMINÁRIO DO PROJETO INTERDISCIPLINAR SOBRE EUTROFIZAÇÃO DA ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO ALTÍSSIMO IGUAÇU, 4, 2003, Curitiba – PR: **Anais...** Curitiba - PR: Companhia de Saneamento do Paraná, 2003.

ANDREOLLI, C. V., **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão**. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: Sanepar; Finep, 2003.

BELTRAME, O. L.; NATH, V. A. **Conhecendo Cascavel**. História e geografia - 3ª Série. Cascavel: Prefeitura municipal de Cascavel. 1999.

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

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. da M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Revista Engenharia Sanitária e ambiental**. João Pessoa - PB, v. 11, n. 4, p. 343-352, out/dez, 2006.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, v. 8, n. 2, p. 161-171, 2003.

BRAGA, R. A. P. A água e a mata atlântica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA, 7. 1999, Ilhéus-BH. **Anais...** Ilhéus -BH: CNRBMA, 1999. p. 1-10.

BRAGAGNOLO, N.; PAN W. A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas: uma contribuição para o gerenciamento dos recursos hídricos. In: MUÑOZ, H. R. (org). **Interfaces da gestão de recursos hídricos**: desafios da lei das águas de 1997. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p. 176-198.

BRANCO, S. M. *et al.* **Hidrologia ambiental**. 3. ed. São Paulo – SP: Edusp, 1991.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. **Manual para serviços de higrometria**. São Paulo: DNAEE, 1977. 95 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. **Normas e recomendações hidrológicas estabelecidas pelo Decreto n.60.852, de 14 de junho de 1967**. Dispõe sobre normas e recomendações hidrológicas e dá outras providências.. Rio de Janeiro: DNAEE, 1967.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/Conama>>. Acesso em: 5 de maio de 2007.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 742-748, set/dez. 2005.

CANADÁ. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. In: **Canadian Environmental Quality Guidelines**. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999. p.159.

CANADÁ. New Brunswick Water. Economy Agreement. **Monitoring surface water Quality**. A guide for citizens, students and communities in Atlantic Canada. Canada: New Brunswick; Environment. 1994. 76 p.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecological Applications**, Washington, v. 8, n. 3, p. 559-568, 1998.

CARVALHO, F. P. *et al.* A importância dos municípios na gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, Nov. 1999. Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte - MG: ABRH, 1999. 1 CD-Rom.

CASCADEL. Prefeitura Municipal de Cascavel. FUNDETEC, PUCPR-ISAM. **Recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Cascavel**. Outubro, 1995.

CASTRO, C. B.; MENDONÇA, A. S. F. Impactos de ações antrópicas em bacias de mananciais rurais de montanha sobre parâmetros de qualidade de água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2004.

CHAPMAN, D; KIMSTACK, V. The selection of water quality variables In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. London: Chapman & Hall Ltd., 1992. p. 51-117.

CORWIN, D. L, LOAGUE K, ELLSWORTH, T. R. GIS – based modeling of nonpoint source pollutants in the vadose zone. **Journal de soil and water conservation**. Springs, 1998, v. 53, n. 1, p. 34-35.

COVATTI, J. A. C. **Caracterização quali-quantitativa da água do rio Cascavel**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel - PR, 2006.

CUN, C.; VILAGINES, R. Times series analysis on chloride, nitrates, ammonium and dissolved oxygen concentrations in the Seine river near Paris. **The Science of the Total Environment Pollution**, Paris, v. 208, p. 59-69, 1997.

DIOGO, P. A.; COELHO, P. S.; ALMEIDA, M. C.; MATEUS, N. S.; RODRIGUES, A. C. Estimativa de cargas difusas com origem agrícola na bacia hidrográfica do Rio Degebe. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2003, Cabo Verde. **Anais...** Cabo Verde: INGRH, APRH, ABRH e AMCT, 2003. p. 135-146. 1 CD-Rom.

FONSECA, G. P. S; ZEILHOFER, P. Técnicas de geoprocessamento aplicada na análise de poluição difusa na bacia do rio Teles Pires – MT. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2597-2604.

FREIRE, S. M.; BOLLMANN, H. A. Relação entre a densidade populacional e a carga orgânica afluyente ao reservatório do Irai. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23. 2005, Campo Grande -MT. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. v. 1. p. 33-33.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E. RIZZI, N. E. As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro – RJ, v. 8, n. 4, p. 239-248, out/dez, 2003.

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

GROPPO, J. D.; MORAES, J. M.; MARTINELLI, L. A. Estudo de tendência de parâmetros de qualidade de água na bacia do rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, v. 11, n. 3, p. 79-87, 2006.

GUIMARÃES, C. P. *et al.* Alterações da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá: Fatores intervenientes no processo e análise da conformidade com padrões ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande - MT. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

HAMADA, J.; GIAFFERIS, G. P.; CASTILHO FILHO, G. S Avaliação do potencial de uso de um manancial superficial para o abastecimento público do município de Bauru – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande - MT. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. p. 1-6

HIPEL, K. W.; McLEOD, A. D. Times series modeling of water resources and environmental systems. **Developments in Waters Science**, Elsevier, v. 45, 1994.

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, M. C. S. Notas preliminares sobre o desenvolvimento de métodos bioindicadores de qualidade de água em ambientes lóticos tropicais. **Arq. Biol. Tecnol**, v. 34, n. 1, p. 109 -124, 1991.

KLIASS, R. G. **Qualidade ambiental urbana**. Disponível em: <<http://www.intelliwise.com>.> Acesso em: 08/02/2007.

LATUF, M. O. Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora – MG. **Revista Geografia**. Londrina – PR, v. 13, n. 1, jan/jun, 2004.

LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda In: **Revista Silvicultura**, v. 41, 1986. p.59-62.

LOPES, M. **Folha do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.folhadomeioambiente.com.br/>> Acesso em: 08/02/2006. Não consta no texto.

LUNDIN, M.; MOLANDER, S.; MORRISON, G. M. A set of indicators for the assessment of temporal variations in the sustainability of sanitary systems. **Water Science Tech**. v. 39, n. 5, p. 235-242, 1999.

MACIEL FILHO, A. A.; GOES JÚNIOR, C. D.; CÂNCIO, J. A.; HELLER, L. MORAES, L. R. S.; CARNEIRO, M. L.; COSTA, S. S. Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública. In: MUÑOZ, H. R. (org). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei das águas de 1997**. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p. 396-421.

MACLEOD, T. C.; HAYGARTH, P. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. **Scope Newsletter**, Devon, UK, n. 51, p. 1-10, 2003.

MANSOR, M. T. C.; TEIXEIRA FILHO, J.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 10, n. 3, p. 715-723, 2006.

MARQUES, R.; SOUZA, L. C. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Sanepar, 2005. p. 161-188.

MCLEOD, A. I.; HIPEL, K. W.; BODO, B. A. Trend analysis methodology for water quality times series. **Environmetrics**. v. 2, n. 2, 1991.

MEYBECK, M.; FRIEDRICH, G.; THOMAS, R.; CHAPMAN, D. Rivers. In: **Water Quality Assessment**. London: Chapman & Hall Ltd., 1992. p. 239-316.

MOLINA, P. B. **Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba no município de Regente Feijó-SP**. 2006. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ilha Solteira, 2006.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. ver. e atual. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 1995. 200 p.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão. **Pesquisa em Geociências**, Portão - RS, v. 32, n. 1, p. 27-35, 2005.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná**. 1987-1995. Curitiba: SUDERHSA, 1997. 257 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Coletânea de legislação ambiental**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 1996.

PARK, G. S.; PARK, S. Y. Long-term trends and temporal heterogeneity of water quality in tidally mixed estuarine waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 12, p. 1201-209, 2000.

PARREIRA, F. V. *et al.* Uso de agrotóxicos carbamatos em plantações de tomate – Impacto sobre a qualidade da água rural e urbana. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1999. Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte – MG. 1999. 1 CD-Rom.

PINHEIRO, A.; LOCATELLI, N. D.; Evoluções espaciais e temporais da qualidade da água dos mananciais superficiais da bacia do Itajaí. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre – RS, v. 11, n. 3, p. 71-77, 2006.

PORTO, M. F. A, Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: UFRGS Ed. da Universidade/ ABRH, 1995. p. 387-428.

PRAT, N. Bioindicadores de calidad de las águas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE ÁGUA, 1997, Cali – Colômbia. **Anais...** Cali – Colômbia: Universidade Del Valle, 1997.

PRAT, N.; WARD, J. V. The tamed river. In: MARGALEF, R. ed.. *Limnology now: A paradigm of planetary problems*. **Elsevier Science**, p. 219-236. 1994.

QUEGE, K. E.; SIQUEIRA, E. Q. Avaliação da qualidade da água no córrego botafogo na cidade de Goiânia – GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande - MT. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

REBOUÇAS *et al.* (1999). Disponibilidade de água: cenários e perspectivas. Simpósio de toxicologia, agricultura e preservação da qualidade da água. **Revista Brasileira de toxicologia**. Edição especial v. 12 n. 1. 1999.

SANTA CATARINA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **FATMA Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes**. Parte I: Características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. Florianópolis: FATMA/GTZ, 1998 p.108.

SANTOS, M. A. S. P. *et al.* Qualidade da água: estudos de casos. Sistema Rio Grande *versus* sistema Rio Claro. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1999, Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte – MG. 1999. 1 CD-Rom.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: 01.02. 2007.

SILVEIRA, G. L. *et al.* Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento qualitativo dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre – RS, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2003.

SILVEIRA, M. P *et al.* Avaliação biológica da qualidade da água em duas microbacias do rio Mogi Guaçu (SP) e suas relações com os impactos agrícolas. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 19, São Paulo – SP, v. 68, n. 2, 2006.

SOUZA, E. R. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. 1996. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 1996.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: **Diretrizes para o gerenciamento dos lagos**. São Carlos. ILEC, 2000. 280 p.

TELLES, D. D' A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999, p. 305-337.

TOLEDO, L, G.; NICOLLELA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n.1, p. 181 – 186, jan/ mar. 2002.

TOSIN, G. A. S. **Caracterização física do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Cascavel**. 2005. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Área de concentração em Engenharia de Recursos Hídrico e Meio Ambiente) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas**. Disponível em <<http://www.iph.ufrgs.br>>. Acesso em: 09/02/2007.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS Ed. da Universidade/ ABRH, 1995. p.15- 36.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**. São Paulo, v. 22, p. 49-66, 1997.

VASCONCELLOS, F. C. S.; IGANCI. J. R. V; RIBEIRO. G. A. Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, RS. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 73, n. 2, p. 177-181, 2006.

VENDRAME, I. F.; LOPES, W. A. B. Análise do crescimento urbano e seus efeitos na mudança da dinâmica de escoamento superficial da bacia do Pararangaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia - GO. **Anais...** Goiânia – GO. 2005. v.1, p. 2555-2562.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** DESA-UFMG. 1996. v. 1, 240 p.

ZAMPIERI, S. L.; BALDISSERA, I. T.; DESCHAMPS, F.; BACK, A. J. Qualidade da água da microbacia de Tarumanzinho: Águas Frias – SC. Projeto

microbacias 2. CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO
MULTIFINALITÁRIO – COBRAC, 2006, Florianópolis: UFSC, 2006.