

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

**APORTE DE SEDIMENTOS, NUTRIENTES E MICROORGANISMOS NO RIO
PORTUGUESA**

CRISTIANY FOSQUIANI CARNELLOSI

CASCADEL – Paraná – Brasil

Julho – 2007

CRISTIANY FOSQUIANI CARNELLOSI

**APORTE DE SEDIMENTOS, NUTRIENTES E MICROORGANISMOS NO RIO
PORTUGUESA.**

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.

CASCADEL – Paraná – Brasil

Julho – 2007

CRISTIANY FOSQUIANI CARNELLOSI

**APORTE DE SEDIMENTOS, NUTRIENTES E MICROORGANISMOS NO RIO
PORTUGUESA.**

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. Márcio Antonio Vilas Boas
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Altair Bertonha
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Cascavel, 13 de julho de 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar serenidade para aceitar as coisas que não posso mudar, coragem para mudar as que posso e, sabedoria para distinguir umas das outras.

Aos meus portos seguros: mãe Marilene e pai José César, pelo amor incondicional que me deu força para enfrentar a caminhada.

Às minhas irmãs Tati e Aline, pelas brincadeiras, risos e descontração quando eu mais precisei.

Ao meu orientador Professor Dr. Manoel Moises Ferreira de Queiroz pela paciência, compreensão, disposição e por compartilhar seus conhecimentos, oportunizando a realização deste trabalho.

Ao meu grande amigo Mauro pela paciência e disponibilidade de seu tempo e conhecimento que ajudaram na concretização deste trabalho.

Ao meu grande Sérgio Streilling pela digitalização das cartas temáticas e pelo apoio.

À minha grande amiga Dilcemara (Dil) que mesmo distante geograficamente, me auxiliou na elaboração deste trabalho, ora com seus conhecimentos, ora com palavras confortadoras.

Ao laboratorista de Hidrossedimentologia Lisdefferesson, por sua ajuda em campo e na Universidade.

As minhas amigas do Laboratório de Saneamento Ambiental, Viviane, Simone, Katiana, por seus conhecimentos e ensinamentos nas análises físico-químicos e microbiológicos.

As minhas amigas-irmãs Ceinha (Marcéia) pela hospedagem, carinho e apoio quando mais precisei e, Neuza por acreditar em mim e por nunca me deixar esquecer que gente é para brilhar.

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

Ao Engenheiro Agrônomo Rodrigo Caneppele, cunhado e amigo, pela ajuda técnica e pelo tempo despendido para me auxiliar na conclusão deste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Antônio Carlos Braciforte pelo auxílio e conhecimento técnico.

À Cooperativa Coagru pela parceria que resultou neste trabalho.

Ao Sr. Valdir D'Alécio pela gentileza em ceder sua propriedade para realização deste trabalho.

Ao Técnico Lorenzo da Cooperativa Coagru por sua ajuda em campo.

A EMATER/Ubiratã pelo auxílio técnico e empréstimo de material.

Aos meus grandes amigos Pedro (Pedrão) e Elisângela (Li) pelo apoio e carinho singular.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Cascavel, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos meus amigos Neusa e Pedro Dalvi, por oportunizarem e compreenderem a minha ausência no trabalho e me apoiarem sempre.

Às minhas queridas amigas Lucimar e Cris Kreutz pelos momentos agradáveis em nossas viagens de ida e volta ao mestrado.

A todos meus colegas de mestrado que de uma forma ou de outra me ajudaram, mesmo que não citados aqui.

A todos os professores e funcionários da Unioeste, por sua dedicação.

“Os rios são nossos irmãos, saciam nossa sede. Os rios carregam nossas canoas e alimentam nossas crianças. Se lhes vendermos nossa terra, vocês devem lembrar e ensinar a seus filhos que os rios são nossos irmãos e seus também. E, portanto, vocês devem dar aos rios a bondade que dedicariam a qualquer irmão.”

Carta do Chefe Seattle

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| RESUMO | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1 PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS..... | 3 |
| 2.1.1 Hidrossedimentologia..... | 4 |
| 2.2 QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS | 6 |
| 2.3 A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA E NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS ... | 7 |
| 2.4 PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA ANALISADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 10 |
| 2.4.1 Temperatura da Água | 10 |
| 2.4.2 Potencial Hidrogeniônico - pH..... | 11 |
| 2.4.3 Condutividade Elétrica | 12 |
| 2.4.4 Oxigênio Dissolvido (OD)..... | 12 |
| 2.4.5 Nitrogênio Total Kjeldahl | 13 |
| 2.4.6 Fósforo..... | 14 |
| 2.4.7 Cor | 15 |
| 2.4.8 Turbidez | 16 |
| 2.4.9 Coliformes Totais e Termotolerantes | 16 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 18 |
| 3.2 ADUBAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 19 |
| 3.3 CLIMA E PRECIPITAÇÃO | 20 |
| 3.4 VEGETAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 21 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.5 | HIDROGRAFIA | 22 |
| 3.6 | COLETA DAS AMOSTRAS | 22 |
| 3.7 | PONTOS DAS COLETAS..... | 23 |
| 3.7.1 | Ponto de Coleta 1 (P1)..... | 23 |
| 3.7.2 | Ponto de Coleta 2 (P2)..... | 23 |
| 3.7.3 | Ponto de Coleta 3 (P3)..... | 24 |
| 3.8 | PARÂMETROS ANALISADOS | 25 |
| 3.8.1 | Medição da Vazão nos Pontos 1, 2 e 3..... | 25 |
| 3.8.2 | Determinação das Velocidades de Fluxo..... | 25 |
| 3.8.3 | Coleta das Amostras de Sedimentos em Suspensão, Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos. | 27 |
| 3.9 | DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO..... | 28 |
| 3.10 | ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIO PORTUGUESA.... | 29 |
| 3.11 | ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 30 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 4.1 | TEMPERATURA DA ÁGUA..... | 31 |
| 4.2 | POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – pH | 32 |
| 4.3 | CONDUTIVIDADE ELÉTRICA..... | 34 |
| 4.4 | OXIGÊNIO DISSOLVIDO | 37 |
| 4.5 | NUTRIENTES | 39 |
| 4.5.1 | Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) | 39 |
| 4.5.2 | Nitrato | 40 |
| 4.5.3 | Nitrito..... | 42 |
| 4.5.4 | Fósforo..... | 43 |
| 4.6 | COR..... | 45 |
| 4.7 | TURBIDEZ..... | 47 |
| 4.8 | COLIFORMES TOTAIS | 49 |
| 4.9 | COLIFORMES TERMOTOLERANTES..... | 50 |
| 4.10 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | 52 |
| 4.11 | CURVA CHAVE | 54 |
| 4.12 | CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON..... | 56 |
| 4.13 | ENQUADRAMENTO RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005. | 57 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 59 |

| | |
|--|----|
| REFERÊNCIAS..... | 62 |
| ANEXOS | 71 |
| ANEXO A – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE JANEIRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 68 |
| ANEXO B - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA | 69 |
| ANEXO C - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE MARÇO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA | 70 |
| ANEXO D - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE ABRIL DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 71 |
| ANEXO E - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE MAIO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA..... | 72 |
| ANEXO F – ENQUADRAMENTO DE CORPOS D’ÁGUA SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005..... | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabela 1- | Adubação, defensivos, inseticidas e fungicidas na bacia hidrográfica do rio Portuguesa nos meses de janeiro a maio de 2007 | 19 |
| Tabela 2 - | Espaçamento das medições para uma boa representatividade do perfil do rio | 25 |
| Tabela 3 - | Procedimento para obtenção da velocidade média na vertical | 26 |
| Tabela 4 - | Conversão de pulsos para velocidade da água segundo equação do fabricante do equipamento..... | 26 |
| Tabela 5 - | Parâmetros correlacionados com $R>0,70$ e número de pares de dados de correlação $N>5$ para os pontos 2 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão dos de correlação $N>5$ para os pontos 2 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão | 56 |
| Tabela 6 - | Parâmetros correlacionados com $R>0,70$ e número de pares de dados de correlação $N>5$ para os pontos 1 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão dos de correlação $N>5$ para os pontos 1 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão | 57 |
| Tabela 7 - | Valores de referências disponíveis na Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, para alguns parâmetros monitorados no presente trabalho..... | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Posição da bacia hidrográfica do rio Portuguesa em relação ao município de Ubiratã. | 18 |
| Figura 2 - Precipitação pluviométrica média dos 5 meses na bacia hidrográfica do rio Portuguesa. | 20 |
| Figura 3 - Temperaturas máximas e mínimas de janeiro a maio de 2007 na bacia hidrográfica do rio Portuguesa..... | 21 |
| Figura 4 - Carta de localização dos pontos de coleta da bacia hidrográfica do rio Portuguesa..... | 22 |
| Figura 5 - Localização e secção de medição do ponto 1. | 23 |
| Figura 6 - Localização e secção de medição do ponto 2. | 24 |
| Figura 7 - Localização e secção de medição do ponto 3. | 24 |
| Figura 8 - Esquema de medição de vazão em uma seção de um rio, com a indicação das verticais, distâncias (d) e profundidades (p)..... | 27 |
| Figura 9 - Coleta da amostra de sedimentos em suspensão usando amostrador USDH-48..... | 28 |
| Figura 10 - Valores da temperatura da água do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 32 |
| Figura 11 - Valores de pH do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 33 |
| Figura 12 - Comparação do pH em função da vazão..... | 34 |
| Figura 13 - Variação da CE em função da vazão durante o período de estudo. | 35 |
| Figura 14 - Variação da CE em função da temperatura durante o período de estudo. | 36 |
| Figura 15 - Relação entre OD e a temperatura do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 38 |
| Figura 16 - Variação do OD em função da vazão durante o período de estudo. | 38 |
| Figura 17 - Variação do NTK em função da vazão durante o período de estudo. | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 18 - Valores de Nitrato no rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 41 |
| Figura 19 - Variação do Nitrato em função da vazão durante o período de estudo. | 42 |
| Figura 20 - Valores de Nitrito do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 42 |
| Figura 21 - Variação do Nitrito em função da vazão durante o período de estudo. | 43 |
| Figura 22 - Valores de Fósforo do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 44 |
| Figura 23 - Variação do Fósforo em função da vazão durante o período de estudo. | 45 |
| Figura 24 - Valores da cor no rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 46 |
| Figura 25 - Variação da cor em função da vazão. | 47 |
| Figura 26 - Valores da turbidez do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007. | 48 |
| Figura 27 - Variação da turbidez em função da vazão durante o período de estudo. | 49 |
| Figura 28 - Valores de coliformes totais no período de estudo. | 49 |
| Figura 29 - Variação dos coliformes fecais em função da vazão no período de estudo. | 50 |
| Figura 30 - Valores de coliformes fecais no período de estudo. | 51 |
| Figura 31 - Relação entre vazão e coliformes fecais. | 52 |
| Figura 32 - Variação da descarga de sólidos em suspensão em função da vazão durante o período de estudo. | 54 |
| Figura 33 - Curva chave descarga sólida <i>versus</i> vazão – ponto 1. | 55 |
| Figura 34 - Curva chave descarga sólida <i>versus</i> vazão – ponto 2. | 55 |
| Figura 35 - Curva chave descarga sólida <i>versus</i> vazão – ponto 3. | 56 |

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar a vazão líquida, o aporte de sedimentos, de nutrientes e de microorganismos da bacia hidrográfica do rio Portuguesa, tributário do Piquiri, no município de Ubatuba/PR. A bacia possui uma área de 40,819 km², sendo que deste total, 6% está inserido na área urbana e 94% na área rural. Foram realizadas análises referentes a parâmetros físico-químicos, microbiológicos, carga de sedimentos e vazão. Todos os dados foram correlacionados com a vazão e com o uso e ocupação do solo. Avaliou-se a qualidade das águas do rio Portuguesa através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez, cor, nitrato, nitrito, nitrogênio total kjeldahl, fósforo total, coliformes totais e termotolerantes e sólidos em suspensão. Foram escolhidos para realização da amostragem, 3 pontos localizados no rio Portuguesa, denominados P1, P2 e P3. As coletas foram realizadas com periodicidade de 15 dias, ou com aumento significativo da vazão. Os parâmetros físico-químicos foram analisados de acordo com as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA-AWWA-WEF, 1995) e os parâmetros bacteriológicos foram analisados através do método substrato COLILERT (Cartelas). Os resultados obtidos demonstraram que a temperatura da água apresentou uma oscilação, podendo estar associado com o horário, a época do ano que foi realizada amostragem e o uso e ocupação do solo. Houve ainda uma relação com a condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. O parâmetro pH manteve-se próximo a neutralidade em todos os pontos estudados. Condutividade elétrica, cor e turbidez tiveram relação com a vazão, tanto com o aumento quanto com diminuição da mesma. A variável oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo de 5 mg. L⁻¹ em todos os pontos nos dias 08/03/2007 e 03/04/2007, havendo uma relação com temperatura e vazão. Em relação as variáveis nutrientes (fósforo total, nitrito e nitrato) com exceção do nitrogênio total kjeldahl, que não teve relação com a vazão, os menores valores encontrados estiveram associados com baixas vazões. Em relação a coliformes totais, o P1 apresentou maiores concentrações associados ao aumento da vazão. Coliformes termotolerantes, P2 e P3 apresentaram maiores concentrações, estes pontos localizam-se próximos a área urbana. A curva-chave de descarga sólida em suspensão e vazão, apresentou boa correlação nos três pontos monitorados, destaca-se que os valores de vazão e sedimentos obtidos referem-se ao fluxo de vazão básica, pela inacessibilidade às secções de controle durante a chuva. Em relação à produção de sedimentos, através das análises de sólidos em suspensão pode-se observar que P1 apresentou os maiores valores de sólidos em suspensão e maiores vazões. Como auxílio no uso futuro das águas do rio Portuguesa, comparou-se os parâmetros analisados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, a fim de enquadrá-lo na classe de uso. Alguns parâmetros enquadraram o rio Portuguesa em classe 2 e outros em classe 3.

Palavras-chave: qualidade da água, sedimentos, curva chave.

CONTRIBUTION OF SEDIMENTS, NUTRIENTS AND MICROORGANISMS IN THE PORTUGUESE RIVER.

ABSTRACT

The goal of this research was to quantify the amount of liquid, the drop of sediments, nutrients and micro-organisms from Portuguesa river hydrografical basin, Piquiri tributary in Ubiratã/PR. The river basin has an area of 40,819 km², and from this total 6% is inside the urban area and 94% in the rural area. It was analyzed the physical-chemical parameters, microbiologicals the amount of sediments and quantify of flow. Every datas was about the flow, the use and the soil occupied. The evaluated of water quality from the Portuguesa river trough the analysis of parameters physical-chemical and biologics; the dissolved oxygen, electrical conductivity, pH, water temperature, turbidity, color, total kjeldahl nitrogen, nitrate, nitrite, total phosphorus, total coliforms and thermotolerant coliforms and solids in suspension. There were chosen 3 points at Portuguesa river called P1, P2 and P3 to the realization of the cross-section. The collection was done between a couple of weeks, or with the meaning increase of the amount of liquid. The parameters physical-chemical were analyzed in agreement of methodology described by *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA-AWWA-WEF, 1995) and the bacteriologicals parameters were studied trough the subtract method COLILERT (cellophanes). The results show us the water temperature had a fluctuation, could have being associated with the time and the period of the year when sample was done such as the soil occupation. There were relations between electric conduction and dissolved oxygen. The parameter pH was closed to the neutrality in the whole studied points. The electric conduction, color and turbidity had the relation with flow such as increase or decrease of it. The variable dissolved oxygen showed the degrees less than 5mg.L⁻¹ in all points between 08/03/2007 and 03/04/2007, having a relation to the temperature and flow. In relation of variability from nutrients (total phosphorus, nitrite and nitrate) exception to total kjeldahl nitrogen, that doesn't have relation to the flow, the smaller values found were associated with smaller flow. About the total coliforms, the P1 showed the biggest concentration associated to the increase of flow. Thermotolerant coliforms, P2 and P3 showed the biggest concentration, these points are localized next to the urban area. The key-curve of solid flush in suspension and flow, bring up good correlation among the three monitored points, shows up the worth of flow and sediments obtained are about the flush of basic flow by inaccessability to the control stages of rain. About the production of sediments trough the analysis of the solids values in suspension and the bigger flows. To help the future use of water from Portuguesa river, was compared the parameters analyzeds to the stabilished limits from resolution CONAMA 357/2005, to put them in the class and use. Some parameters set the Portuguesa river in class 2 and others in class 3.

Key words: Water quality, sediments, key-curve.

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem crescendo exageradamente, alcançando níveis graves que se refletem na deterioração do meio ambiente, no assoreamento e na poluição dos cursos d'água, associados a atividades antrópicas. É preciso então, que a realização dessas atividades seja efetuada 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).

O uso e ocupação do solo de maneira desordenada em uma bacia hidrográfica acarretam danos ao meio ambiente e conseqüentemente degradação dos recursos hídricos, notadamente, devido às atividades antrópicas. Dentre os tipos de degradação, o aporte de sedimentos aos corpos d'água se destaca, pois a quantidade de sedimentos produzida na bacia hidrográfica e transportada pelos rios é determinante na alteração da qualidade dos recursos hídricos e nas perdas de nutrientes. Nesse sentido é de suma importância o seu conhecimento e sua quantificação para proceder a um planejamento e aproveitamento adequados dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Os danos causados pelos sedimentos dependem da qualidade e da natureza destes, os quais estão relacionados aos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Associada ao transporte de sedimentos está à contaminação dos rios por matéria orgânica, metais pesados, fertilizantes, agrotóxicos e organismos patogênicos com lançamento de efluentes.

A agricultura tende a aumentar a produção de sedimentos, principalmente quando a erosão não é devidamente controlada, com perdas de solos e nutrientes. A falta do planejamento do uso do solo e o seu preparo

inadequado afetam diretamente à 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).

Os problemas sociais associados muitas vezes ao êxodo rural geram urbanização desordenada e, conseqüentemente, problemas ambientais como a falta de saneamento básico e o lançamento de grande carga de lixo urbano, sem qualquer tratamento, nos cursos d'água que atravessam as cidades (LIMA *et al.*, 2001).

A bacia hidrográfica do rio Portuguesa está localizada no município de Ubatã/ PR e possui uma área de 40,819 km², sendo que deste total, 6% está inserido na área urbana e 94% na área rural. Sabendo-se da poluição hídrica advinda das cidades como, por exemplo, águas pluviais contaminadas, disposição de resíduos sólidos e contaminação com agentes patogênicos que são lançados nos corpos d'água, aporte de nutrientes e sedimentos advindos das atividades agropecuárias e ainda sua estreita e direta relação com a saúde pública, esse trabalho teve como objetivo quantificar a vazão líquida, o aporte de sedimentos, de nutrientes e de microorganismos da bacia hidrográfica no rio portuguesa decorrente do uso e ocupação do solo. Com a finalidade de auxiliar em futuros usos da água do rio Portuguesa, buscou-se enquadrar o corpo d'água, comparando os parâmetros analisados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2007).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

No seu movimento rumo à saída de uma bacia hidrográfica, a água flui sobre (ou dentro) as rochas e os solos que formam ou revestem as vertentes e as calhas da rede de drenagem. Os obstáculos que encontra determinam os caminhos que ela vai seguir e a velocidade com que se deslocará, dissipando boa parte da energia de que está provida, ao propiciar que partículas sólidas sejam removidas e transportadas vertente ou rio abaixo, pelo fluxo líquido. Embora esporádicos, os deslocamentos dos sedimentos carregados pelo escoamento superficial e outros processos acabam provocando o remanejamento e a redistribuição pela bacia de ponderáveis massas de partículas sólidas, a ponto de, eventualmente, alterarem o ciclo hidrológico e, certamente, afetar o uso, a conservação e a gestão dos recursos hídricos (BORDAS; SEMMELMANN, 2001).

Em função de suas características naturais, as bacias hidrográficas têm se tornado importante unidade espacial utilizada para gerenciar atividades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento (MORO, 2005).

Os termos erosão e sedimentação envolvem os processos de erosão, transporte e deposição de partículas sólidas, usualmente chamado de sedimento. Esses processos têm estado ativos ao longo do tempo geológico e têm auxiliado no modelo do relevo do mundo contemporâneo. Atualmente, a erosão, o transporte e a sedimentação podem causar sérios problemas de engenharia, bem como ambientais (CARVALHO *et al.*, 2000).

Conforme WILSON JUNIOR e PAIVA (2003), os sedimentos são colocados em movimento ou têm seus movimentos alterados sempre que ocorrem modificações no leito do rio ou na bacia hidrográfica. Surgem, então, dois tipos de movimento de material nos escoamentos fluviais:

a) sedimentos originários do leito do rio, que podem ser transportados por arraste ou em suspensão. No movimento por arraste, as partículas rolam, deslizam ou executam pequenos saltos, umas sobre as outras, mantendo um contato quase permanente com o leito do rio, ao passo que em suspensão, a partícula desloca-se no meio da massa fluída, sem contato com o leito;

b) sedimentos oriundos da lavagem da bacia, pelas chuvas, gerando o movimento conhecido como do tipo carga de lavagem (*Wash-load*). Esses sedimentos são mais finos que os sedimentos do leito e são transportados em suspensão, ao longo do rio, por grandes distâncias.

Na agricultura, por exemplo, o material erodido está na camada mais superficial do solo, sobre a qual há maior ação do homem e maior fertilidade devida à utilização de corretivos (fertilizantes, adubos naturais e químicos) e defensivos agrícolas (pesticidas e inseticidas). O transporte de partículas do solo provenientes de áreas de uso agrícola pode carregar boa parte dos corretivos e defensivos aplicados na lavoura, o que, além de empobrecer o solo e fazer com que, a cada ano, o produtor tenha que repor essas perdas, aumenta o custo da produção e, ainda, causa sérias alterações ao meio ambiente (LIMA *et al.*, 2001).

2.1.1 Hidrossedimentologia

O ciclo hidrossedimentológico, até pouco tempo, não despertava interesse similar ao dispensado ao ciclo hidrológico. Raros são os manuais de hidrologia que se referem ao ciclo hidrossedimentológico, a não ser indireta e parcialmente para tratar dos prejuízos que os sedimentos podem causar a algum aproveitamento hidráulico. A gestão integrada dos recursos hídricos, os riscos de degradação dos solos, dos leitos dos rios e dos ecossistemas fluviais e estuarinos ou de contaminação dos sedimentos por produtos químicos,

levaram a reconsiderar essa postura e a dar maior atenção aos problemas que podem resultar das modificações do ciclo hidrossedimentológico natural (BORDAS; SELMMELMANN, 2001).

O conhecimento sobre o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas é extremamente importante no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Essas informações são indispensáveis no dimensionamento e operação de obras hidráulicas, interferindo decisivamente nos custos de implantação e manutenção de tais sistemas (PAIVA; PAIVA; PARANHOS, 2001).

A produção e a deposição de sedimentos em uma bacia hidrográfica dependem fundamentalmente de suas características naturais como chuvas, tipos de solo, topografia, densidade de drenagem, cobertura vegetal e área de drenagem e de influência antrópicas como o uso e ocupação do solo, o uso da água, as alterações no curso d'água entre outros (LIMA *et al.*, 2001).

Os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de poluentes a partir da coluna d'água, devido às altas capacidades de sorção e acumulação associadas, em que as concentrações se tornam várias ordens de grandeza, maiores do que nas águas correspondentes, possibilitando o seu uso como um bom indicador de poluição ambiental, tanto atual como remota, possibilitando ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático (JESUS *et al.*, 2004).

Em decorrência da intensidade do emprego de pesticidas e dos efeitos que causam ao ambiente e à saúde humana, torna-se necessário conhecer suas principais propriedades físicas e químicas e prever suas interações com o solo e a possibilidade de contaminação e transporte, quando dissolvidos em água ou associados aos sedimentos (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Segundo LIMA *et al.* (2001), os sedimentos podem gerar os seguintes impactos:

- a) Redução da disponibilidade hídrica;
- b) Problemas para captação e distribuição de água;
- c) Impactos na geração de energia hidrelétrica;
- d) Impactos no ambiente aquático (ictiofauna);
- e) Custos para a navegação;
- f) Poluição;

g) Aumento das enchentes.

2.2 QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo GENDA (1985), poluição das águas é qualquer alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas capaz de pôr em risco a saúde, a segurança e o bem-estar das populações ou que possa comprometer a fauna ictiológica e a utilização das águas para fins agrícolas, comerciais, industriais e recreativos.

De maneira geral, ao se combater a poluição, se está salvaguardando a saúde pública, pela redução ou eliminação dos fatores de contaminação dos recursos hídricos. Entende-se por contaminação, um caso particular de poluição provocado pela introdução de elementos em concentrações nocivas à saúde humana, tais como, organismos patogênicos, substâncias tóxicas e radioativas em corpos d'água (GENDA, 1985).

Existem duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água (ADREOLI *et al.*, 2003):

- a) Poluição pontual: Os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada. Como lançamento de esgotos coletados, lançamentos industriais, chorume de aterros, entre outros.
- b) Poluição Difusa: Os poluentes adentram o corpo hídrico, distribuídos ao longo de sua extensão e são de difícil avaliação, incluem: resíduos sólidos espalhados sobre os terrenos baldios, ruas e calçadas; Os poluentes atmosféricos sedimentados sobre o solo; os dejetos animais e biocidas (inclusive agrotóxicos) presentes nas áreas agrícolas, os sedimentos gerados pela erosão, entre outros. Para estes não há forma de tratamento, exceto a mudança de comportamento da população.

O escoamento das águas de chuva carrega materiais orgânicos e inorgânicos em suspensão ou solúveis aos mananciais, aumentando significativamente sua carga de poluentes (BOLLMANN; MARQUES, 2006). Na

nova perspectiva de gestão dos recursos hídricos ganham importância as questões situadas na interface entre as áreas de recursos hídricos e de saneamento ambiental. A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública. É amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade da água e inúmeras enfermidades que acometem às populações, especialmente àquelas não atendidas por serviços de saneamento (LIBÂNIO, CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

2.3 A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA E NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

As pesquisas nos sistemas aquáticos passaram a ser desenvolvidas não somente nos corpos d'água, mas também na área de entorno, procurando reconhecer os principais fatores antrópicos ou naturais que influenciam a dinâmica dos sistemas aquáticos. Nesse sentido, lago, rio ou represa são considerados dependentes do sistema terrestre e influenciados pelas atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, sendo que essas são fatores determinantes para o estabelecimento de diferenças espaciais e temporais originadas por fontes difusas ou pontuais que ocorrem no sistema aquático (ARGENTON, ESPÍNDOLA; NOGUEIRA, 2004).

Para MACIEL FILHO *et al.* (2000), um fator importante que contribui para a poluição e contaminação dos cursos d'água, conferindo risco a saúde humana pela água, refere-se à ocupação dos espaços rurais e urbanos que são realizadas sem um adequado planejamento, visando o 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.

Segundo ARCOVA e CICCIO (1999), a qualidade da água dos rios de áreas naturais é o resultado das influências do clima, geologia, fisiografia, solos

e vegetação da bacia hidrográfica. Em áreas na quais há desenvolvimento de atividades antrópicas, como a agricultura, o uso do solo contribui também para as características físicas, químicas e biológicas da água.

Nas bacias com cobertura florestal natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (SOPPER, 1975 *apud* ARCOVA; CICCO, 1999). Essas áreas são reconhecidas como mananciais de qualidade mais elevada para o abastecimento doméstico, para a proteção das comunidades aquáticas e outros benefícios.

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 aumento significativo na frequência 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).

Para MOTA (1995) os usos e atividades rurais não sustentáveis 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 realizados de modo a provocarem alterações compatíveis com os mananciais, em função dos seus usos.

A preocupação com a conservação e a utilização dos recursos naturais para a agricultura, principalmente no que se refere aos solos e aos cursos d'água é crescente, devendo estes recursos terem uma exploração realizada de forma adequada, visando manter a capacidade de produção e, ao mesmo tempo, diminuir os impactos ambientais causados pela ação antrópica. Atualmente, existem técnicas de produção e práticas conservacionistas que diminuem sensivelmente os efeitos negativos provocados ao meio ambiente,

dentre as quais se pode citar: o terraceamento para a proteção do solo, o sistema de plantio direto, o cultivo de hortaliças em estufas e o controle biológico de pragas (MACHADO; STIPP, 2003).

A retirada do revestimento vegetal das bacias hidrográficas acarreta a redução da infiltração da água no solo e o aumento do escoamento superficial, limitando a alimentação dos lençóis subterrâneos e das várzeas, reservas que garantem a descarga dos rios durante estiagens, ao mesmo tempo em que acelera a velocidade do escoamento superficial, aumentando o processo erosivo e, conseqüentemente, o assoreamento e a poluição dos cursos d'água. O aumento do escoamento superficial altera a dinâmica dos rios, aumentando os picos de cheia durante as épocas de chuva e reduz a vazão nos períodos de estiagem (ADREOLI *et al.*, 2003).

O conhecimento da alteração da qualidade de água de um sistema lótico frente à variação de vazão é de suma importância, não somente para estações de tratamento de água que, em geral, nos períodos chuvosos necessitam tratar água de pior qualidade, utilizando maior quantidade de produtos químicos, mas também para registrar o comportamento de um rio em uma determinada época (FRITZSONS *et al.*, 2003).

A degradação dos mananciais, proveniente do deflúvio superficial agrícola, ocorre, principalmente, devido ao aumento da atividade primária das plantas e algas em decorrência do aporte de nitrogênio e fósforo proveniente das lavouras e da produção animal em regime confinado. Além dos impactos causados aos ecossistemas aquáticos, o aumento dos níveis de nutrientes na água pode comprometer sua utilização para abastecimento doméstico, devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas. Além das implicações causadas pelos nutrientes aos recursos hídricos, é necessário considerar, também, a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados (MERTEN; MINELLA, 2002). Apesar de serem inter-relacionados, as variáveis físico-químicas podem sofrer influência do meio externo, como a ocorrência de precipitação. A chuva é o principal agente regulador dos cursos de água, espera-se que ela seja também uma importante variável a ser considerada em estudos envolvendo a qualidade da água de rios e tributários.

2.4 PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA ANALISADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

As principais fontes de contaminação aquática são as indústrias, a agricultura e os despejos domésticos. A decomposição natural da matéria orgânica, acumulada em excesso, causa mudanças drásticas na concentração de oxigênio e nos valores de pH. Várias são as classes de substâncias que podem chegar a contaminar a água. Algumas podem causar turbidez na água (diminuição da transparência), outras podem aumentar a salinidade ou a temperatura (SCHIAVETTI, 2007).

Para se avaliar a qualidade ambiental como um todo, é preciso obter informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento do ecossistema. A avaliação de um ecossistema é realizada com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos (AMBIENTE BRASIL, 2007). Os parâmetros da qualidade da água analisados na bacia hidrográfica do rio Portuguesa e suas implicações ambientais, são descritos nos capítulos a seguir.

2.4.1 Temperatura da Água

Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas e estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água, geralmente, é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas (CETESB, 2007).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros

físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura (CETESB, 2007).

2.4.2 Potencial Hidrogeniônico - pH

O termo potencial hidrogeniônico - pH é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. A escala do pH é constituída por uma série de números que variam de 0 a 14, os quais denotam os vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade (AMBIENTE BRASIL, 2007).

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água, podem acarretar o desaparecimento dos seres presentes nela. Os valores fora dos padrões recomendados podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do seu sistema de distribuição, ocorrendo assim, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, dificultando a descontaminação das águas (SOUTO *et al.*, 2007).

De acordo com Souto *et al.* (2007), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente, devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, pois determinadas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, de acordo com a legislação federal - Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2007).

O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área (no espaço) que ele receba as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da Bacia, mais ácidas serão as águas de seu corpo (SCHIAVETTI, 2007).

2.4.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado à presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para o reconhecimento dos impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, entre outros.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade devem-se somente às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H^+ e o OH^- (AMBIENTE BRASIL, 2007).

2.4.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido na água é uma variável extremamente importante, haja vista que a maioria dos organismos necessita desse elemento para a respiração. A quantidade de oxigênio dissolvido depende da temperatura da água e da pressão atmosférica. Quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás. Naturalmente, existem duas fontes de oxigênio para os

sistemas aquáticos: a primeira é a atmosfera e a segunda é a fotossíntese, realizada pelos seres vivos. Por isso, a medida de oxigênio é muito importante para se determinar o estado de saúde do sistema. Quando se têm pouco oxigênio, é provável que haja algum problema no sistema (SCHIAVETTI, 2007).

Segundo VALENTE, PADILHA e SILVA (1997), o oxigênio dissolvido (OD) é um indicador da concentração de oxigênio dissolvido na água em mg L^{-1} . O oxigênio é um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão (altitude), temperatura e sais dissolvidos, normalmente a concentração de saturação está em torno de 8 mg L^{-1} a 25°C (entre 0 e 1.000 m de altitude).

Oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios; a presença de matéria orgânica no corpo d'água faz com que sua concentração diminua, pois ele é utilizado pelas bactérias na estabilização da matéria orgânica (BARCELLOS *et al.*, 2006).

2.4.5 Nitrogênio Total Kjeldahl

Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), medido em miligramas por litro (mg/l), é a soma das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal, respectivamente. O NTK é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, isso determina 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).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas (CESTESB, 2007). O nitrogênio participa da formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa e, quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos (NEVES; SILVA; CRESTANA, 2006).

Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, esses compostos provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização. Quando as descargas de nutrientes são muito fortes, ocorre o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular. Essas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos usos que se possam fazer dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul) (CETESB, 2007).

2.4.6 Fósforo

Um importante componente das fontes de poluição difusa em bacias hidrográficas agrícolas é o P no escoamento superficial. Este poluente pode acelerar o processo de eutrofização, que consiste no enriquecimento de corpos d'água por nutrientes. Para controlar esse processo, é necessária uma melhoria das práticas de manejo de solo (WITHERS *et al.*, 2000 *apud* BITTENCOURT; GOBBI, 2006). Em corpos d'água utilizados para abastecimento público, a eutrofização provoca complicações, causando odor e sabor desagradáveis à água, entupimento de filtros de estações de tratamento, podendo, ainda, causar problemas à saúde da população.

As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas. Os fosfatos orgânicos que são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo; os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas; os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos.

No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2007). O Fósforo dos fertilizantes agrícolas pode chegar aos corpos d'água por meio indireto, pois ao ser adicionado na forma de P_2O_5 é prontamente fixado pelo solo. Portanto, é de se esperar que o fósforo presente nos corpos d'água seja oriundo das erosões e de origem urbana.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nessa qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico (CETESB, 2007).

2.4.7 Cor

Cor é indicativo da coloração da água, pode ser verdadeira, quando causada por substâncias orgânicas e inorgânicas, e aparente, quando causada por suspensões. Pode ser tóxica, além de ser esteticamente indesejável (BARCELLOS *et al.*, 2006).

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (essa redução se dá por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. O problema maior de coloração na água, em geral, é o estético, porquanto cause um efeito repulsivo aos consumidores (CETESB, 2007).

2.4.8 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência em relação à presença da luz através da água. É devida à presença de sólidos suspensos, de origem orgânica e inorgânica, esteticamente é indesejável (BARCELLOS *et al.*, 2006).

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução ocorre por absorção e espalhamento, pois as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros (CETESB, 2007).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, como alteração nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (CETESB, 2007).

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar as comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2007).

2.4.9 Coliformes Totais e Termotolerantes

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes

termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", pois as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (CETESB, 2007).

A presença de coliformes na água não representa, por si só, um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e coliformes fecais, expressa em número de organismos por 100 ml de água. A maior parte das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. Além de serem encontradas nas fezes, elas podem ocorrer no meio ambiente, em águas com altos teores de material orgânico ou vegetação em decomposição. Algumas espécies podem multiplicar-se em águas de consumo humano como, por exemplo, a *Serratia fonticola* (SOUTO *et al.*, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Portuguesa localiza-se no município de Ubitatã, Paraná, longitude $53^{\circ}7'50''$ W e $52^{\circ}59'8''$ W, latitude $24^{\circ}36'11''$ S e $24^{\circ}31'39''$ S, numa altitude média de 550 m do nível do mar (Figura 1). A bacia do rio Portuguesa é de segunda ordem, com uma área de 40,58 km². O Solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), com relevo suave ondulado.

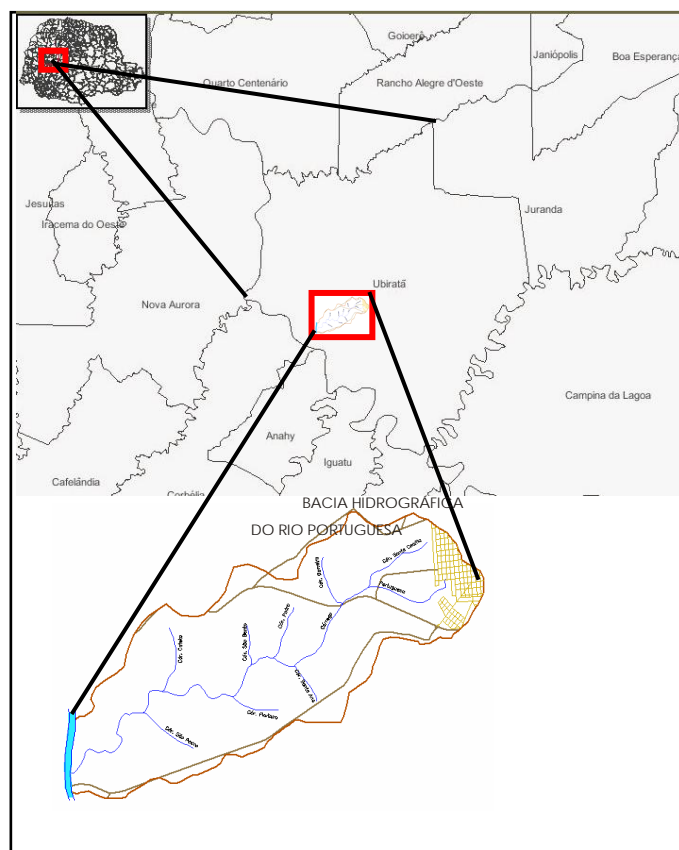


Figura 1 - Posição da bacia hidrográfica do rio Portuguesa em relação ao município de Ubitatã.

3.2 ADUBAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

Segundo dados da equipe técnica da cooperativa agrícola COAGRU (2007), na bacia da portuguesa e adjacente há 100 propriedades das quais, aproximadamente, 70 % são de cooperados da COAGRU. Na safra de verão 95% da área foi ocupada com a cultura da soja e 5% com milho. Na safra outono/inverno, 80% da área da bacia foi ocupada pela plantação de milho safrinha e 20% com trigo. A Tabela 1 apresenta os dados de adubação, defensivos, inseticidas e fungicidas na bacia hidrográfica do rio Portuguesa nos meses de janeiro a maio de 2007.

Tabela 1- Adubação, defensivos, inseticidas e fungicidas na bacia hidrográfica do rio Portuguesa nos meses de janeiro a maio de 2007

| CULTURA | ADUBAÇÃO | DEFENSIVO | INSETICIDA | FUNGICIDA | DATA |
|-------------------|--|--|--|---|--|
| SOJA | | | 0,5 A 0,8 L.HA ⁻¹ TAMAROM (METAFOZ, METAMIDAFOS). | 0,3 L.HA ⁻¹ (PRIORI EXTRA); 0,6 L.HA ⁻¹ (NIMBOS) 0,3 L.HA ⁻¹ (SPHERE); 0,3 L.HA ⁻¹ (ATCH) 0,5 L L.HA ⁻¹ (OPERA) 0,6 L.HA ⁻¹ (FOLICUR) | JAN./07 ATÉ 10/02/2007 JAN./07 ATÉ 10/02/2007 JAN./07 ATÉ 10/02/2007 JAN./07 ATÉ 10/02/2007 |
| MILHO SAFRINHA | 180 KG.HA ⁻¹ (PRINCIPAL FÓRMULA: 10-20-20) | 1,5 A 2,0 L/HA (PRIMOLEO, POSMIL) | 0,3 L.HA ⁻¹ (MATCH); 0,5 L.HA ⁻¹ (TAMARON); 0,15 L.HA ⁻¹ (GALLAXY) E 0,15 L.HA ⁻¹ (RIMON) | | 01/02 A 10/03 DE 2007 |
| TRIGO | 180 KG.HA ⁻¹ (PRINCIPAL FÓRMULA: 10-20-20) | | 0,5 l.ha ⁻¹ (Tamarom); 0,1 l.ha ⁻¹ (Talcord) e 0,1 l.ha ⁻¹ (Macth) | ATÉ O MOMENTO NÃO FOI NECESSÁRIA A APLICAÇÃO | 10/04 A 20/05 DE 2007 |

FONTE: COAGRU (2007).

3.3 CLIMA E PRECIPITAÇÃO

O clima da região é do tipo Cfb, segundo a classificação climática de Köppen, com verões quentes com tendência de concentração das chuvas e invernos com geadas pouco freqüentes sem estação seca definida. As figuras 2 e 3 apresentam respectivamente a precipitação pluviométrica média dos meses de janeiro a maio e as temperaturas mínimas e máximas. Os anexos A, B, C, D, E apresentam a precipitação pluviométrica diária, de janeiro a maio de 2007.

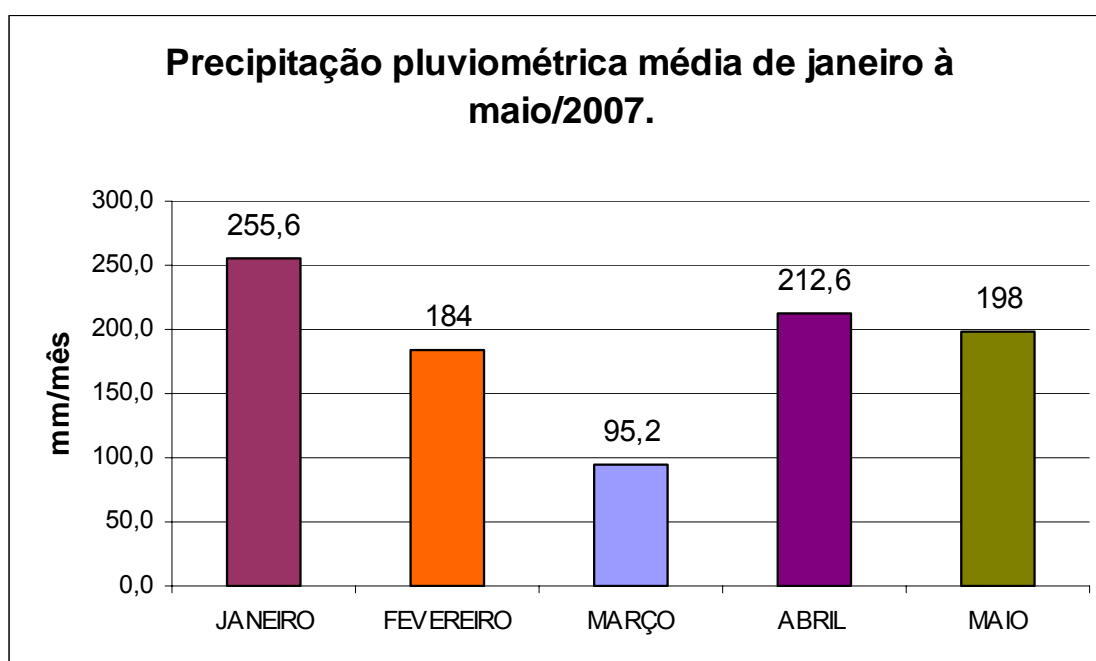


Figura 2 - Precipitação pluviométrica média dos 5 meses na bacia hidrográfica do rio Portuguesa.

FONTE: COAGRU (2007).

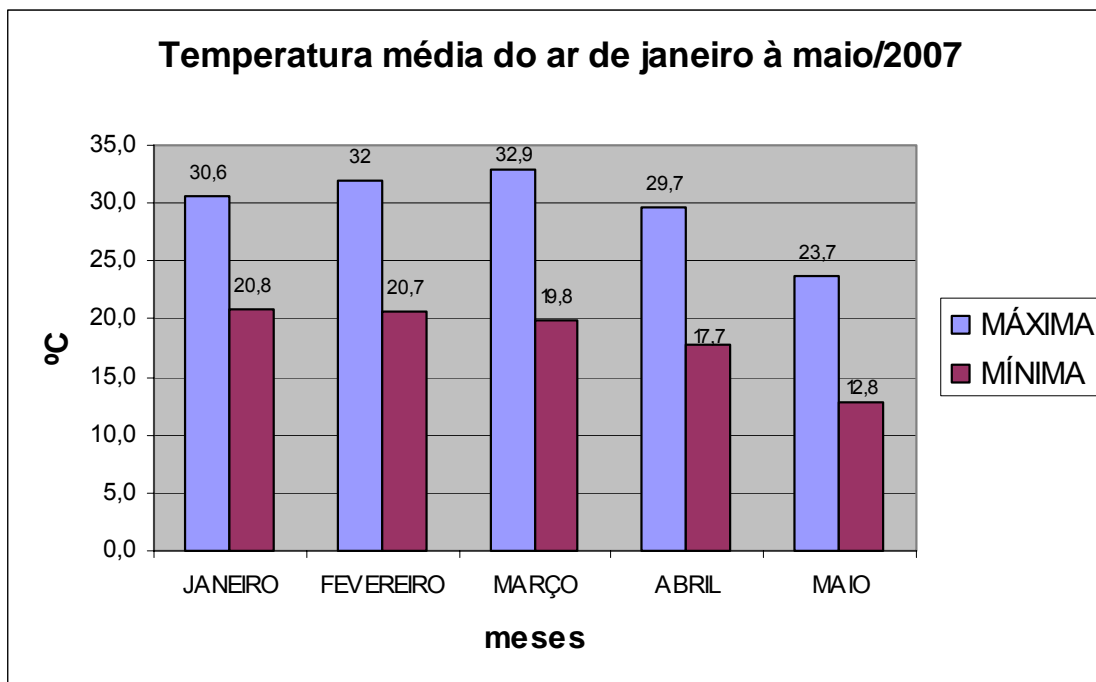


Figura 3 - Temperaturas máximas e mínimas de janeiro a maio de 2007 na bacia hidrográfica do rio Portuguesa.

FONTE: COAGRU (2007).

3.4 VEGETAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

Conforme as características edafoclimáticas, a bacia hidrográfica do rio Portuguesa apresenta formação vegetal de floresta estacional semi-decidual. Este tipo de vegetação está associado à dupla estacionalidade climática, sendo uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno. Esses climas determinam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação hora à deficiência hídrica, hora à queda da temperatura nos meses frios. A percentagem das árvores caducifólias, no conjunto florestal e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se entre 20% e 50% na época desfavorável (CREPANI *et al.*, 2001).

3.5 HIDROGRAFIA

Os principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Portuguesa são: Água Portuguesa, Galdino, Barreiro, Feio, Santa Ana, Rodrigues, Pedras, Floriano, São Bento, Cateto, Abelha, São Pedro, Lagarto, Raposa, Anta, Maria e Irene (Figura 4). O uso dos recursos hídricos da bacia são essencialmente para uso humano, através de poços e bombas, dessedentação de animais e uso agrícola para abastecimento de pulverizadores (EMATER/UBIRATÃ, 2007). Dentro da bacia existem 3 (três) abastecedouros comunitários, nos quais os produtores fazem o abastecimento dos pulverizadores. Um dos abastecedouros localizado na estrada Tupã, foi regularizado no ano de 2006 (EMATER/UBIRATÃ, 2007).

3.6 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras de água para determinação carga em suspensão, parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foram realizadas no período de março de 2007 a junho de 2007, nos dias 08/03/2007, 19/03/2007, 03/04/2007, 04/05/2007, 21/05/2007 e 15/06/2007. As amostras foram coletadas com a periodicidade de 15 dias entre as coletas ou com ocorrência de precipitação.

3.7 PONTOS DAS COLETAS.

Para coleta e posterior determinação da descarga sólida, vazão, parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram escolhidos 3 pontos. A Figura 4 mostra a carta de localização dos pontos das coletas.

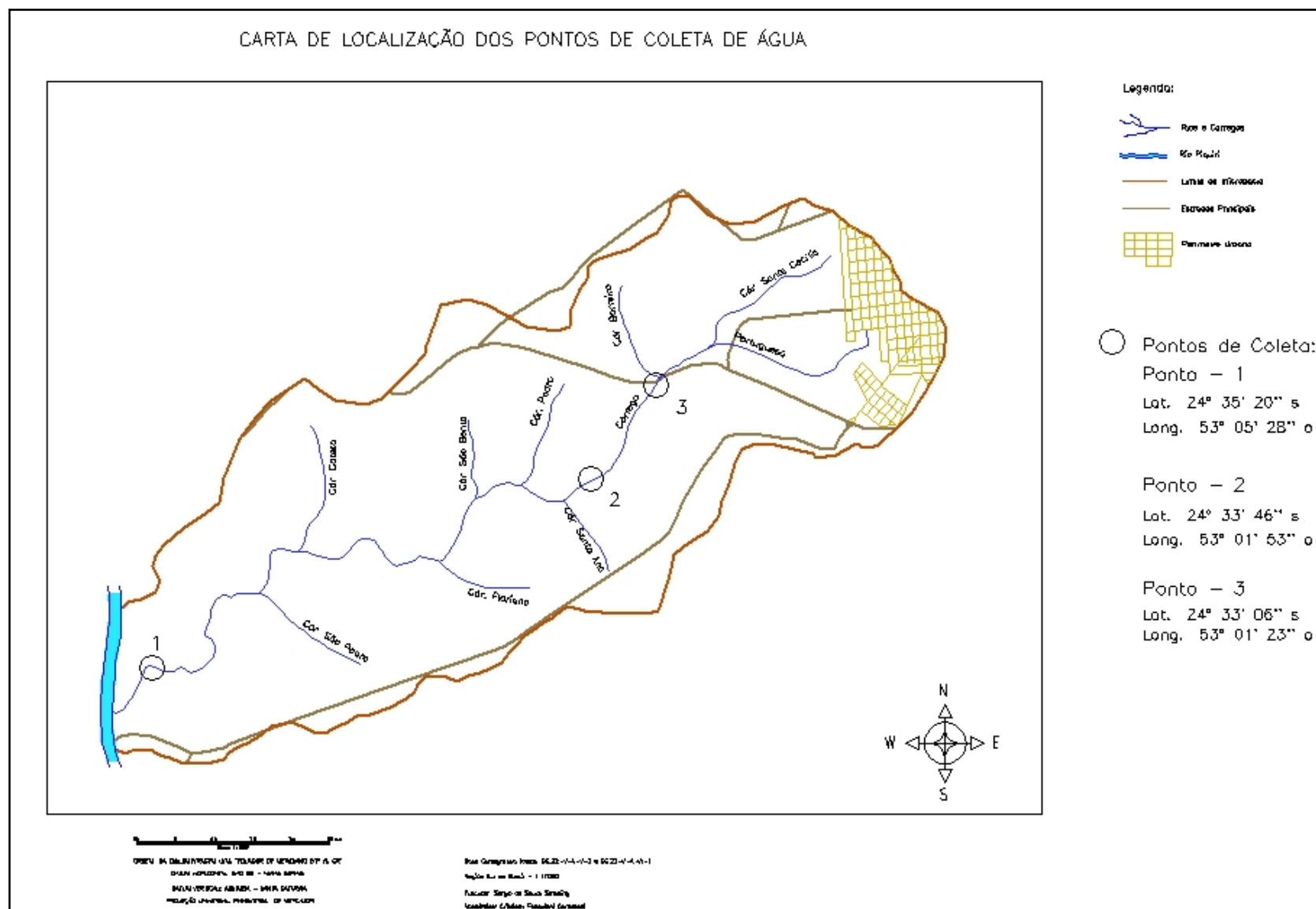


Figura 4 - Carta de localização dos pontos de coleta da bacia hidrográfica do rio Portuguesa.

3.7.1 Ponto de Coleta 1 (P1)

O Ponto 1 foi determinado como a secção de controle, na ponte da estrada Paraná, próximo ao ponto de confluência do rio portuguesa com rio Piquiri, coordenadas geográficas; longitude $53^{\circ} 05' 28''$ W e latitude $24^{\circ} 35' 20''$ S. Esse ponto recebe contribuição de todos os afluentes da bacia hidrográfica do rio Portuguesa, pois se encontra próximo à sua foz. A ocupação do solo da área representada pelo Ponto 1 é na sua maior parte agrícola e urbana nas cabeceiras. A Figura 5 mostra a localização do ponto 1.



Figura 5 - Localização e secção de medição do ponto 1.

3.7.2 Ponto de Coleta 2 (P2)

O Ponto 2 está localizado na margem direita da propriedade do Sr. Valdir D'Alécio, coordenadas geográficas: longitude $53^{\circ} 01' 53''$ W e latitude $24^{\circ} 33' 46''$ S. A ocupação do solo no ponto 2 é agrícola e, em algumas áreas, pastagem. A Figura 6 mostra a localização do ponto 2.

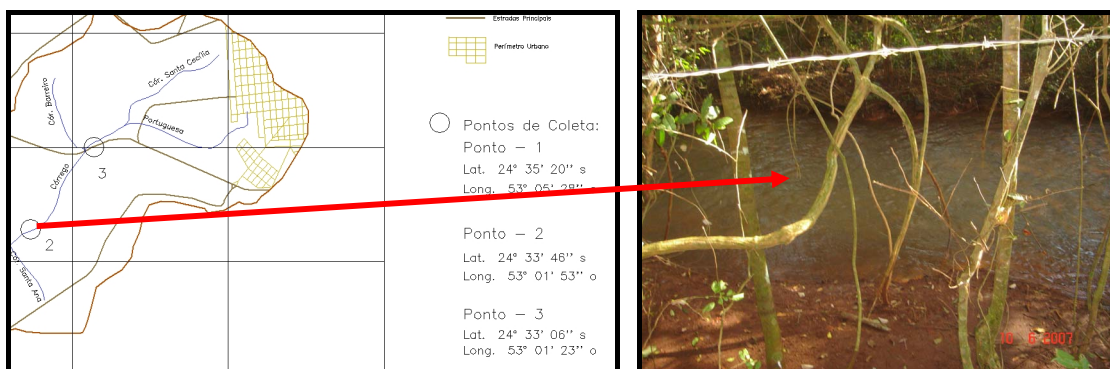


Figura 6 - Localização e secção de medição do ponto 2.

3.7.3 Ponto de Coleta 3 (P3)

O Ponto 3 está localizado na margem esquerda da rodovia BR 369, km 2, sentido Uiratã/Cascavel, coordenadas geográficas: longitude 53° 01' 23" W e latitude 24° 33' 06" S. A ocupação do solo no ponto 3 é representada por uma parte urbana e outra com atividades agrícolas e vegetação. Esse ponto situa-se a, aproximadamente, 2 km da cidade de Uiratã à margem da BR 369. A Figura 7 mostra a localização do ponto 3.

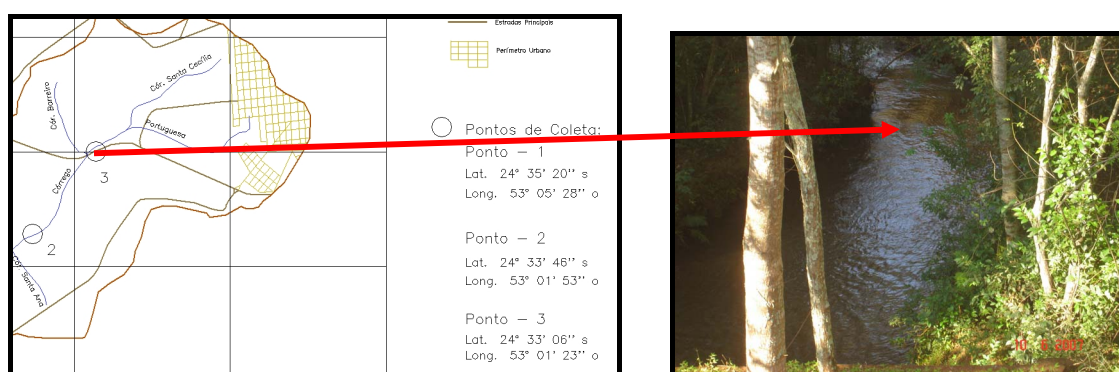


Figura 7 - Localização e secção de medição do ponto 3.

3.8 PARÂMETROS ANALISADOS

3.8.1 Medição da Vazão nos Pontos 1, 2 e 3.

Para obtenção da secção molhada em P1, P2 e P3, utilizou-se um cabo de aço 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).

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

| LARGURA DO RIO (MTS) | ESPAÇAMENTO MÁXIMO (MTS) |
|----------------------|--------------------------|
| 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).

3.8.2 Determinação das Velocidades de Fluxo

As velocidades de fluxo foram obtidas utilizando-se um molinete de eixo horizontal MLN-07, posicionado em pontos nas verticais das batimetrias, e identificados em função da profundidade vertical (Tabela 3). Cada leitura referiu-se ao número da rotação da hélice do molinete, fixado em 40 segundos de duração, que 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.

Tabela 3 - Procedimento para obtenção da velocidade média na vertical

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

Fonte: BRASIL (1977).

Tabela 4 - Conversão de pulsos para velocidade da água segundo equação do fabricante do equipamento

| NÚMERO DE PULSOS/ TEMPO | EQUAÇÃO | R ² |
|-------------------------|---|----------------|
| N ≤ 20 / t= 40 segundos | $v = 0,01641847 + 0,25366065 * N(\text{rps})$ | 0,9978 |
| N > 20 / t= 40 segundos | $v = 0,00233053 + 0,28154932 * N(\text{rps})$ | 0,99992 |

A descarga líquida ou vazão de um rio será definida como sendo o volume de água que atravessa uma determinada seção num certo intervalo de tempo. Ou ainda, pode ser expressa como:

$$Q = V * S$$

em que:

- Q: vazão em m³/s;
- V: velocidade do escoamento (medida através do molinete) – m/s;
- S: área da seção (medido através da batimetria) – m²/s.

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

Para se calcular a vazão de tais parcelas utiliza-se a velocidade média no perfil e sua área de influência, como se pode ver na Figura 8.

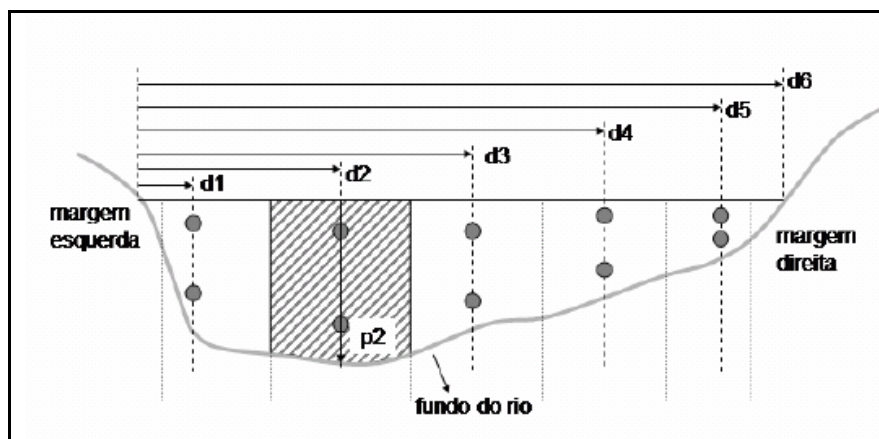


Figura 8 - Esquema de medição de vazão em uma seção de um rio, com a indicação das verticais, distâncias (d) e profundidades (p).

3.8.3 Coleta das Amostras de Sedimentos em Suspensão, Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos.

Para a coleta das amostras água/sedimento em suspensão foi utilizado o método da integração vertical utilizando o igual incremento de largura. Conforme CARVALHO et al. (2000), esse é o método mais utilizado para amostragem da mistura água-sedimento, por sua simplicidade. No método Igual Incremento de Largura (IIL) a área da seção transversal é dividida numa série de verticais igualmente espaçadas. Em cada vertical se utiliza a amostragem por integração na vertical, mas com a mesma velocidade de trânsito em todas as verticais, nesse caso deve-se também utilizar sempre o mesmo amostrador com o mesmo bico. Foi utilizado para coleta o amostrador DH-48, conforme Figura 9, com medição a vau, devido à pequena profundidade do rio, abaixo de 1 metro, nos três pontos amostrados. O material coletado como amostras para análise de sedimentos foi acondicionado em recipientes de polietileno de 10 litros, constituindo uma amostra composta para cada ponto.



Figura 9 - Coleta da amostra de sedimentos em suspensão usando amostrador USDH-48.

Para análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foi coletada uma amostra em ponto e armazenada em frascos plásticos (polietileno) com capacidade para 2 litros, utilizando o amostrador da coleta de sedimentos (DH-48). As amostras para análise microbiológica foram armazenadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, protegidos em caixa térmica com gelo, ficando nessa condição até o momento das análises laboratoriais.

No momento das coletas, os seguintes parâmetros foram medidos na água do rio, em cada ponto: temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, usando um equipamento portátil marca Instrutherm PH - 1500, equipado com sensor Instrutherm SC – 100 (OD) e com sensor Instrutherm ST – 200 (Temperatura do ar e da água).

3.9 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO

A quantificação dos sólidos foi realizada nos laboratórios de hidrossedimentologia e de saneamento ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. As amostras, após a chegada do campo, foram armazenadas em garrafas de 1 litro para decantar. Após o período de 96 horas,

fez-se o processo de redução da amostra, retirando-se o líquido sobrenadante de modo a não mexer para que não houvesse mistura. A água que sobrou da redução foi quantificada para posterior determinação da quantidade de sedimentos. As amostras reduzidas foram armazenadas em béqueres de até 250 ml. A segunda redução foi feita de modo que sobrou para análises apenas 100 ml da amostra água/sedimento. O que sobrou da porção água foi contabilizada junto à da primeira redução. Os 100 ml de água/sedimento foram colocados em um cadinho previamente pesado, preparado em *mufla* e levado à estufa a 105 °C por 24 horas. Após passar pelo processo de evaporação, a amostra foi pesada, obtendo-se o seu peso seco. A concentração de sedimentos, em mg/l, foi obtida, para cada ponto em cada coleta, relacionando seu peso seco com o volume da amostra coletada.

3.10 ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIO PORTUGUESA

As amostras de água coletadas foram analisadas quanto aos parâmetros físicos – 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), 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).

As variáveis, cor, turbidez e condutividade elétrica foram medidas em laboratório com os equipamentos espectrofotômetro marca HACH, modelo 2010; espectrofotômetro marca HACK, modelo 2100 e condutivímetro modelo MCA 150 p, respectivamente.

Quanto aos parâmetros físico-químicos (nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo), as amostras foram analisadas com réplicas, no laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus 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 do método cromogênico substrato COLILERT (Cartelas) para a detecção e quantificação simultâneas de coliformes fecais (*E. coli*) e totais.

3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para analisar os resultados dos parâmetros estudados neste trabalho, foram utilizados gráficos de linhas plotados em planilha eletrônica *Excel* da *Microsoft*[®]. Estas linhas foram utilizadas somente para avaliação do comportamento dos parâmetros em estudo e não como 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 3 pontos de coleta, em relação à vazão do rio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEMPERATURA DA ÁGUA

A temperatura é uma característica física das águas e uma medida da intensidade do calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas (PÁDUA, 2007).

Segundo PÁDUA (2007), ao realizarmos investigações hidrológicas ou químicas em uma massa d'água qualquer, também a análise de fatores físicos é indispensável e a temperatura certamente é um fator da maior importância entre essas variáveis, pois além de servir ao cálculo na determinação de algumas variáveis, como pressão atmosférica, umidade relativa do ar, entre outros, interfere constantemente no cálculo da alcalinidade, da salinidade, do pH, dos valores de saturação de oxigênio dissolvido, na toxicidade de elementos ou substâncias, entre outros.

A temperatura possui duas origens quando relacionada com o parâmetro de caracterização de águas. A primeira é a origem natural, que está relacionada à transferência de calor por radiação, condução e convecção entre atmosfera e solo, enquanto a origem antropogênica está relacionada às águas de torres de resfriamento e despejos industriais. A variação da temperatura é dependente da localização geográfica do ponto de coleta, da altitude, da vegetação ao redor e da cor da água.

A Figura 10 apresenta o comportamento da temperatura no rio Portuguesa nos meses de estudo. Nesse período, os valores de temperatura oscilaram; comportamento que se explica pela época do ano. Em relação aos pontos de amostragem, observa-se que o P3 apresentou os maiores valores de temperatura nos dias 08/3, 19/3 3/04 e 15/06 de 2007, esses valores podem estar associados ao horário em que foram realizadas as leituras (entre 14h:00

minutos e 15h:00 minutos). P1, apresentou os menores valores de temperatura, o que se pode associar, também, ao horário da leitura e à presença maior da vegetação ciliar, em relação aos pontos 2 e 3. Os parâmetros Oxigênio Dissolvido e Condutividade Elétrica tiveram relação com a temperatura nos pontos estudados, como apresentado na discussão desses parâmetros.

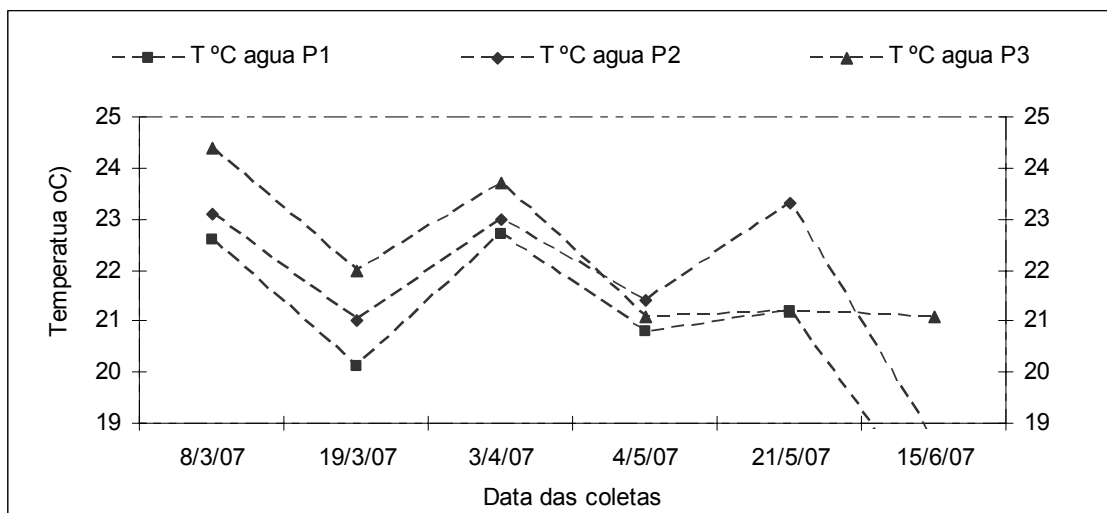


Figura 10 - Valores da temperatura da água do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO – pH

O pH costuma ser alto em regiões com pouca precipitação, influenciado pelo mar e em açudes de solo alcalino e baixo quando há um aumento de ácidos orgânicos dissolvidos na água. O pH é uma característica importante a ser controlada em um manancial, pois influencia os processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes (NAIME; FAGUNDES, 2005). A Figura 11 apresenta os valores de pH dos pontos de coleta 1, 2 e 3 do rio Portuguesa.

Pelos dados obtidos, as faixas de pH encontradas no rio Portuguesa se mantiveram próximas da neutralidade em todos os pontos coletados.

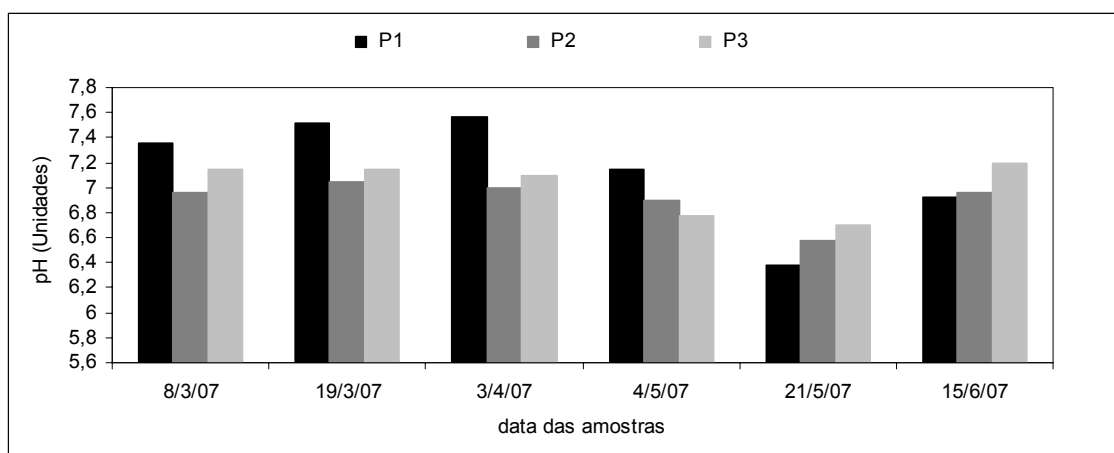


Figura 11 - Valores de pH do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Os maiores valores de pH, foram encontrados em P1, com exceção dos dias 21/05/2007 e 15/06/2007, quando os valores variaram entre 7,14 a 7,57. Essas condições fornecem indícios da presença de substâncias tamponadoras que estão sendo carregadas para a bacia. Na Figura 12, observa-se que há uma relação entre a vazão e o pH. O P1 que apresentou os maiores valores de pH, em quase todos os dias e teve vazão, também maior, quando comparada com P2 e P3.

Em geral, em águas superficiais, o pH é alterado pelas concentrações de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, que geram baixos valores de pH (ESTEVES, 1988 *apud* BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005). Esse ácido carbônico, nos corpos d'água, é resultante da introdução de gás carbônico pelas águas de chuva, ar atmosférico, matéria orgânica do solo e, principalmente, matéria orgânica que é consumida e oxidada nas águas (BRANCO, 1986 *apud* BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005).

CARVALHO, SCHLITTLER e TORNISIELO (2000), encontraram uma relação entre o pH e a pluviosidade, e destacam que com a pluviosidade há maior diluição de compostos dissolvidos e, com o volume e a velocidade da água (escoamento mais rápido), resultando em aumento do pH. FRITZSONS *et*

al. (2003), ao estudarem as conseqüências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial encontram que: quanto maior a vazão, menor a concentração hidrogeniônica e mais elevado o pH. BRITO *et al.* (2005), ao estudarem a influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Salitre, encontraram valores significativos de pH no período das chuvas.

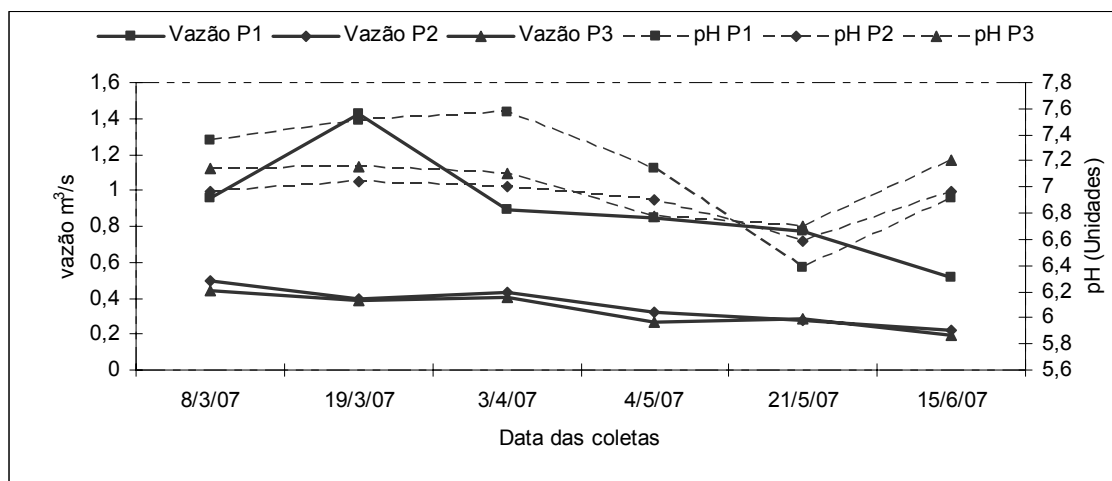


Figura 12 - Comparação do pH em função da vazão.

4.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, entre outros (DUQUE-ESTRADA; CESAR; ROLAND, 2004).

A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica. Isto depende da concentração de íons e da temperatura. A condutividade também indica possíveis modificações na composição da água, principalmente mineral (SILVA; ANGELIS; MACHADO, 2007).

Os valores obtidos da condutividade elétrica em relação à vazão nos pontos de coleta 1, 2 e 3 estão representados na Figura 13.

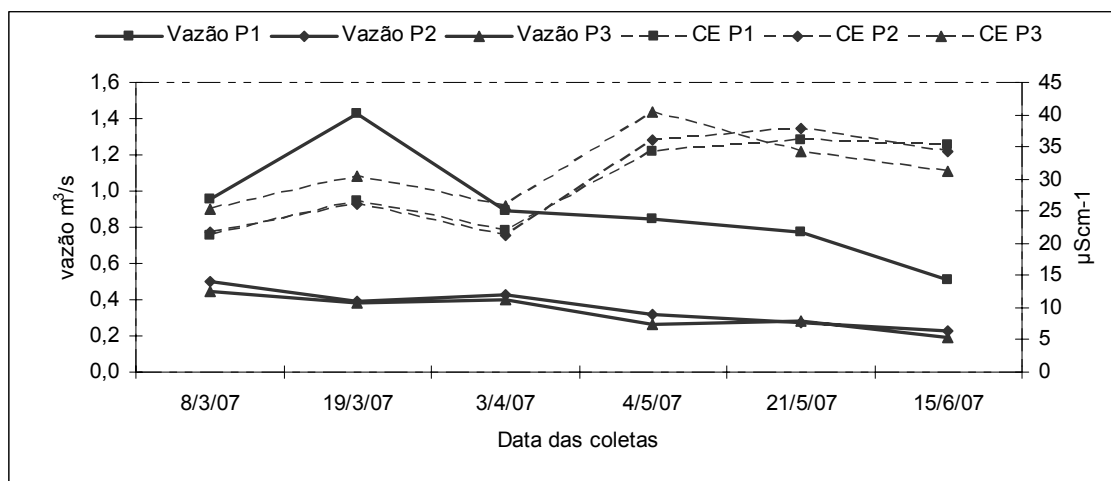


Figura 13 - Variação da CE em função da vazão durante o período de estudo.

Nota-se que a condutividade elétrica é sempre maior no P3 nos dias 08/03, 19/03, 03/04 e 04/05 de 2007, sendo que os valores de CE nos dias 21/05 e 15/06 de 2007 foram maiores nos pontos 2 e 1, respectivamente. O P3 localiza-se próximo à área urbana e à rodovia BR 369. Grande parte das águas pluviais do município de Ubatã é conduzida ao rio Portuguesa, o que pode estar acarretando poluição neste ponto. Observa-se na Figura 14 que para os elevados valores de CE no P1 há uma relação com a temperatura da água que nos dias 08/03, 19/03 e 03/04 estiveram entre 23,7°C e 24,4°C, conforme medida realizada em campo.

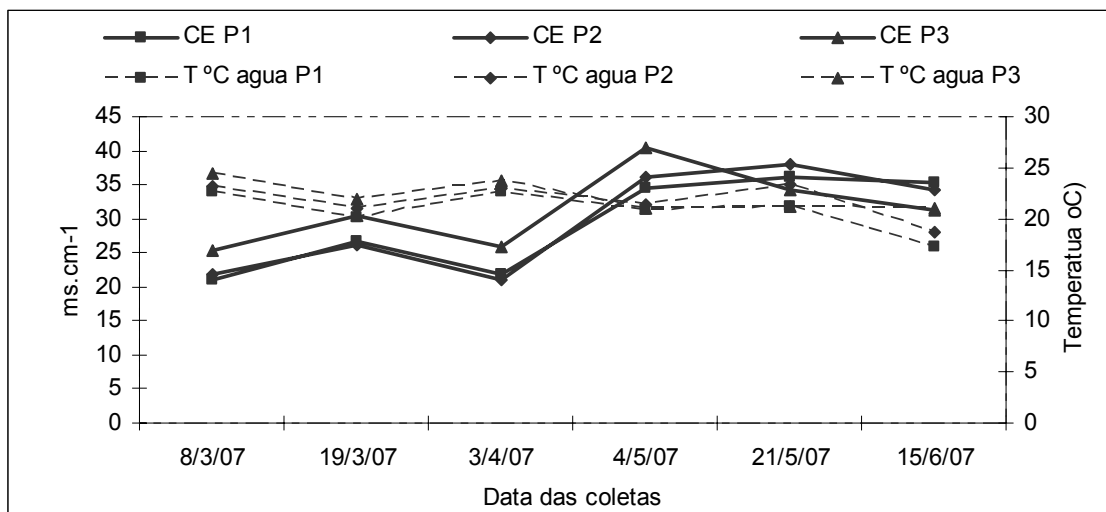


Figura 14 - Variação da CE em função da temperatura durante o período de estudo.

CARVALHO *et al.* (2000) verificaram a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a condutividade elétrica na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas (pH 9 ou pH 5), os valores de condutividade devem-se somente às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H^+ e o OH^- (DUQUE-ESTRADA; CESAR; ROLAND, 2004).

Observou-se que com diminuição da vazão há um aumento na condutividade elétrica. SILVA, ANGELIS e MACHADO (2007), concluíram em seu trabalho que em todos os locais amostrados, a precipitação favoreceu a diminuição da Temperatura, Turbidez e Condutividade da água, enquanto contribuiu para o aumento de sólidos em suspensão. ABDO e SILVA (2000) encontraram maiores valores de condutividade elétrica no período de estiagem (baixa vazão), justificando que isso se deve à alta concentração de íons durante o período de chuvas. No período da cheia, provavelmente, deva ocorrer uma diluição dos íons, com o aumento da vazão. Os valores de condutividade elétrica nos 3 (três) pontos de estudo podem estar relacionados

à geologia da bacia, que possui solos mais ricos em minerais (Latosolo Vermelho Distroférico).

4.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O teor de OD expressa a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, sendo que a sua concentração está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (PALMA-SILVA, 1999 *apud* BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005). A decomposição da MO nos cursos d'água pode diminuir o teor de Oxigênio Dissolvido - OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir dele (PALHARES *et al.*, 2000 *apud* BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005).

Conforme mostra a Figura 15, observa-se que nos dias 08/03/2007 e 03/04/2007 todos os pontos apresentaram valores abaixo de 5 mg.L⁻¹. No dia 19/03/2007 o P3 esteve abaixo, no dia 04/05/2007 somente o P1 e no dia 21/05/2007 os pontos 1 e 2; nos outros dias os valores estiveram acima de 5 mg.L⁻¹. Esses valores sugerem uma relação entre OD e a temperatura da água. Quanto menor a temperatura maior o OD, isso pode ser observado na Figura 15. ARCOVA, CESAR e CICCIO (1999), ao estudarem a qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha (SP), concluíram que baixas temperaturas propiciam condições que favorecem às elevadas concentrações de oxigênio na água.

Além que sugerir que os baixos valores de OD nos pontos e dias de coleta podem estar relacionados a um aporte significativo de matéria orgânica, CARVALHO *et al.* (2000) afirmam que o excesso de MO na água ocasiona a diminuição do teor de OD e que, no processo de decomposição, dentro do ambiente aquático, há consumo de oxigênio.

ARGENTON, ESPÍNDOLA e NOGUEIRA (2004) ao estudarem avaliação dos tributários da represa do Lobo, encontraram maiores concentrações de OD no período de temperaturas mais baixas e relatam que

foi padrão esperado em decorrência das próprias características do meio aquático, no qual temperaturas menores promovem maior solubilidade de oxigênio dissolvido.

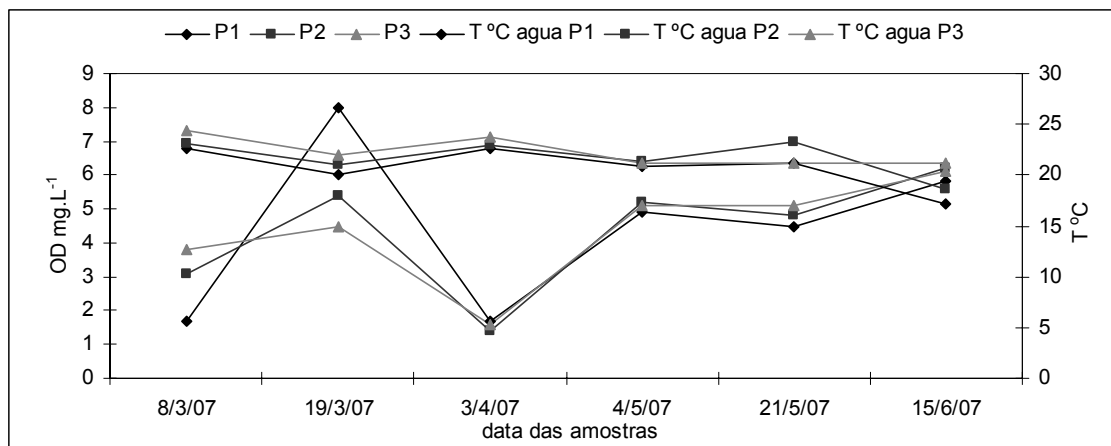


Figura 15 - Relação entre OD e a temperatura do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Quando comparada a vazão com os valores de OD, observa-se que em P1, com a vazão maior o OD também foi maior, conforme Figura 16. NAIME e FAGUNDES (2007), ao estudarem o controle da qualidade da água do Arroio Portão – RS, observam que o aumento de chuvas foi muito benéfico na melhoria do oxigênio dissolvido, em todos os pontos amostrados.

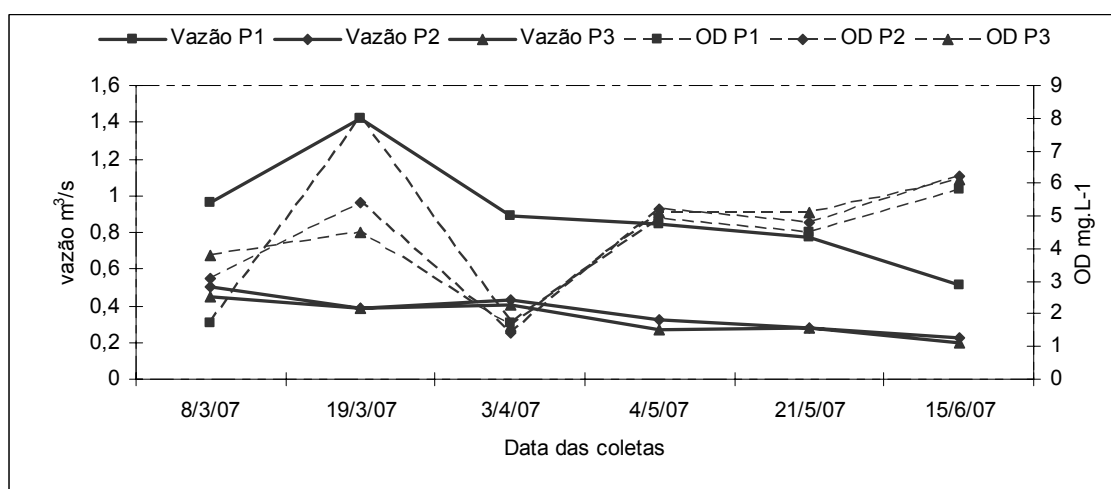


Figura 16 - Variação do OD em função da vazão durante o período de estudo.

4.5 NUTRIENTES

4.5.1 Nitrogênio Total Kjeldahl (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. O NTK foi analisado em relação às vazões. A relação entre os valores de vazão e a variável NTK (mg.L^{-1}) para os pontos 1, 2 e 3 é apresentada na Figura 17.

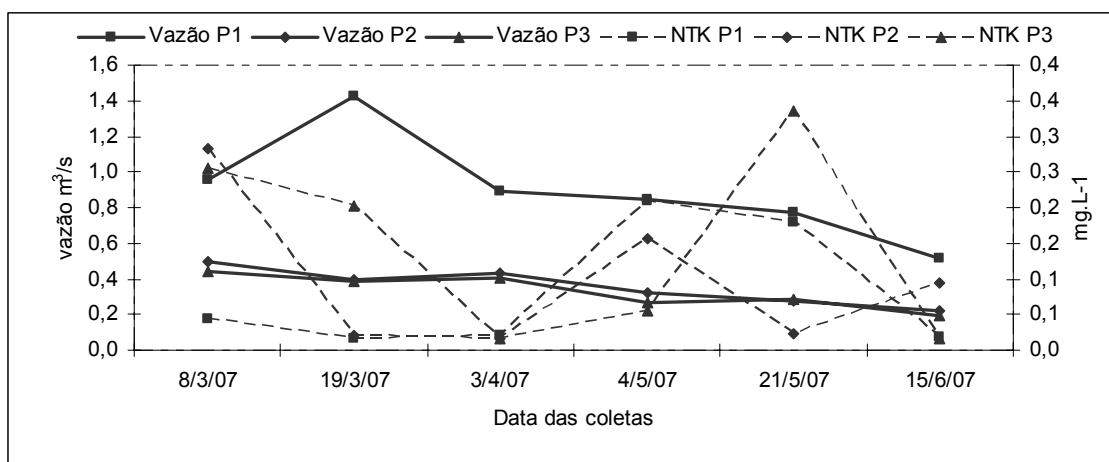


Figura 17 - Variação do NTK em função da vazão durante o período de estudo.

Assim como o Fósforo total, o Nitrogênio total sugere a contribuição global de nutrientes em água e o seu nível de eutrofização, permitindo a proliferação de organismos e o aumento do consumo de oxigênio do sistema aquático (SIPAÚBA-TAVARES, 1998 *apud* BORGES, GALBIATTI; BELLINGIERI, 2003).

Em relação à quantidade de NTK encontrada nos pontos em estudo, conforme Figura 17 nos dias 03/04/2007 e 04/05/2007, P1 apresentou altos valores de NTK nos dias 08/03/2007 e 15/06/2007; os maiores valores de NTK foram obtidos em P2. Nos dias 19/03/2007 e 21/05/2007 P3 apresentou os maiores valores de NTK.

Observa-se que não ocorreu uma relação significativa entre o NTK e a vazão, sendo que os valores elevados ficaram distribuídos igualmente entre todos os pontos. Apesar da época de adubação das culturas estar relacionada ao período de amostragem (de 01/02 a 10/03/2007 adubação do milho e de 10/04 a 20/05/2007 adubação do trigo), não se pode afirmar que a presença do nitrogênio está totalmente associada a ela, pois o acesso às secções de controle durante a chuva era inviabilizado devido às condições da estrada e os valores obtidos são referentes ao fluxo de vazão básica no rio.

Em relação ao dia 19/03/2007, P3 obteve maior quantidade de NTK, fato que pode estar relacionado à contribuição de águas pluviais escoadas da cidade e à poluição difusa devido ao carreamento de materiais sólidos; esse ponto situa-se próximo à cidade de Ubatã – PR e à rodovia BR 369.

4.5.2 Nitrato

O nitrato é o último estágio de decomposição das substâncias orgânicas nitrogenadas, por isso, sua presença indica uma poluição antiga. Quando encontramos a presença de amônia e nitrato é sinal de que a poluição é contínua.

A água natural, em geral, contém nitratos em solução e, além disso, principalmente tratando-se de águas que recebem esgotos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia e nitritos. Em geral, a sua presença denuncia a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças, principalmente, à presença de bactérias nitrificantes. Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

As concentrações de nitrato, no período em estudo, são apresentadas na Figura 18. Segundo a EMBRAPA (2007), concentrações acima de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrato podem favorecer a proliferação de plantas aquáticas e, se a água for represada, poderá afetar o nível de oxigênio dissolvido, a temperatura e a passagem de luz, com reflexos negativos na vida aquática. No dia 08/03/2007 não foi realizada a análise do Nitrato em nenhum dos pontos.

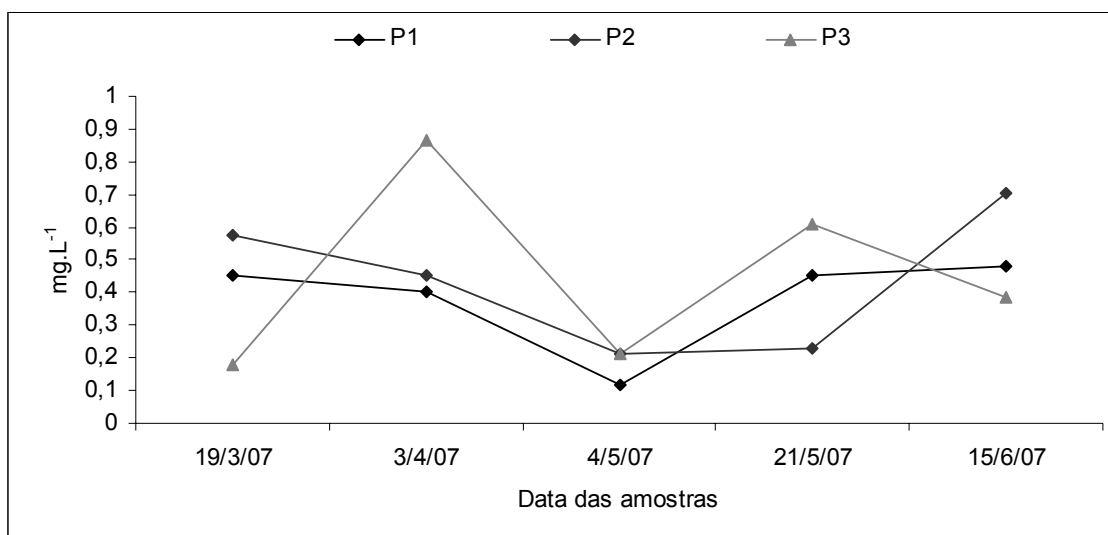


Figura 18 - Valores de Nitrato no rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Quando relacionados esses valores de nitrato com a vazão em P2 e P3, observou-se que os maiores valores de nitrato estão associados a menores valores de vazão (Figura 19). Isso se evidencia que, quando analisados os valores de P1, este apresentou os menores valores para nitrato e maiores vazão. Como já verificado, os pontos 2 e 3 sofrem, respectivamente, contribuição de área agrícola e de pastagem, da BR 369 e cidade, o que sugere que, com as chuvas podem ter sido carreados materiais para o rio Portuguesa, sendo que o uso e a ocupação do solo estariam influenciando na contaminação do rio, principalmente a contribuição da área urbana. CARVALHO, FERREIRA e STAPELFELDT (2004), ao estudarem a qualidade da água no ribeirão Uba (MG), encontraram maior concentração de nitrato no ponto próximo a área de pastagem.

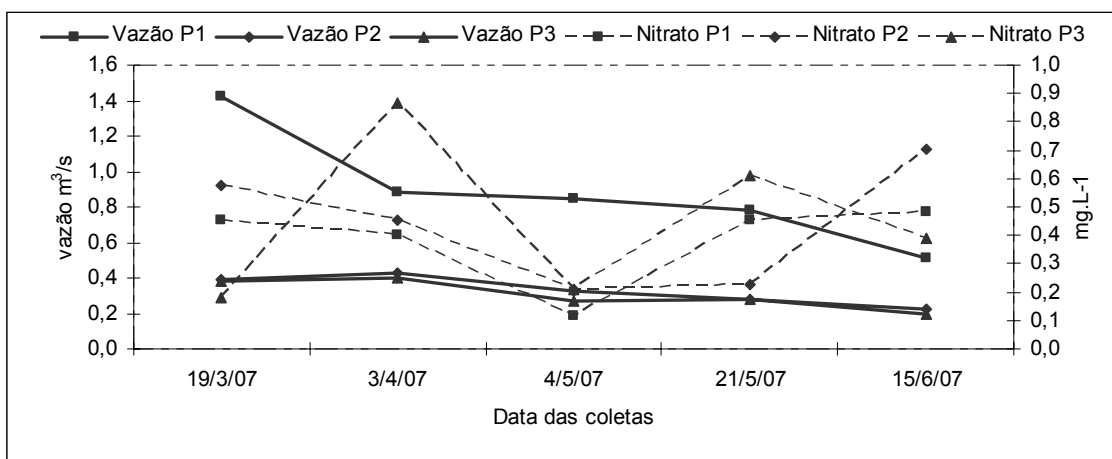


Figura 19 - Variação do Nitrato em função da vazão durante o período de estudo.

4.5.3 Nitrito

As variações das concentrações de nitrito no período em estudo são apresentadas na Figura 20.

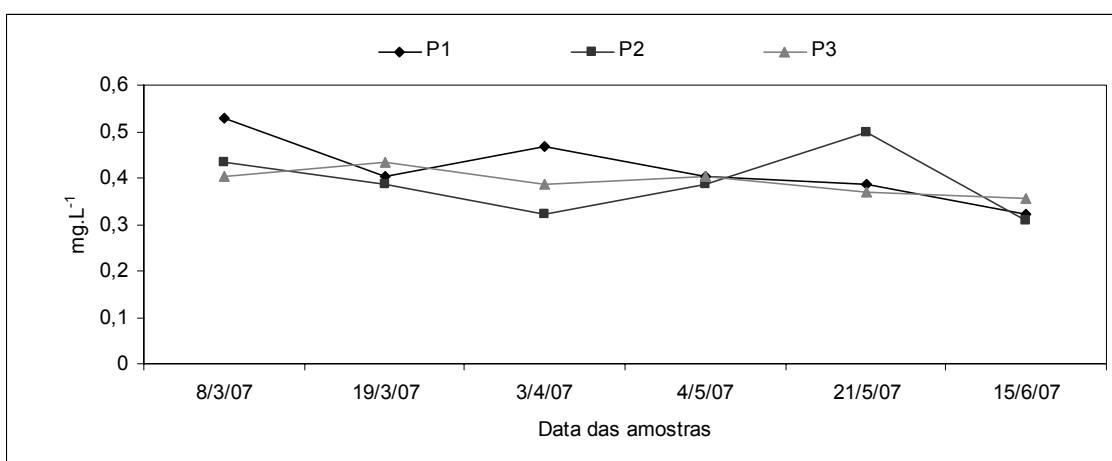


Figura 20 - Valores de Nitrito do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Em relação à vazão *versus* concentração de nitrito, observa-se na Figura 21 que houve uma relação entre esses parâmetros no dia 08/03/2007 para P1, quando com baixo valor de vazão encontrou-se maior concentração de nitrito, isso se aplica também para o dia 03/04/2007, com a diminuição da vazão, novamente em P1, houve um aumento na concentração de nitrito. Os baixos valores de nitrito encontrados parecem indicar que não existe um processo de nitrificação nos pontos em estudo. Esses valores de concentração de nitrito no período de vazão baixa corroboram o estudo de BORGES, GALBIATTI e BELLINGIERI (2003) que encontraram maiores valores de nitrito nos períodos baixa pluviosidade e menores valores no período de alta pluviosidade, isso se dá, provavelmente, pelo aumento da vazão do curso d'água, quando ocorre maior diluição dos poluentes.

Segundo a CETESB (1995), a concentração de nitrato nas águas superficiais, freqüentemente, é menor que 1 mg.L^{-1} , embora possam chegar a mais de 10 mg.L^{-1} .

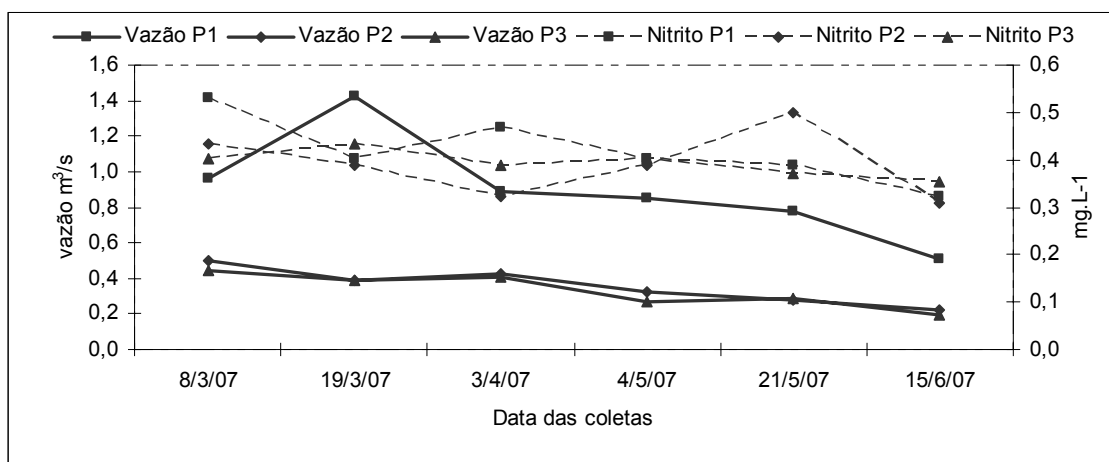


Figura 21- Variação do Nitrito em função da vazão durante o período de estudo.

4.5.4 Fósforo

O papel do fósforo na eutrofização dos recursos hídricos é essencial, e a origem deste nutriente a partir de áreas agrícolas tem sido colocada em

relevância como indicador de qualidade de água, pois outros indicadores, como sólidos em suspensão e turbidez estão associados ao transporte de fósforo (PARRY, 1998 *apud* TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

As concentrações de fósforo no período em estudo e suas variações são apresentadas na Figura 22. Vale ressaltar que no dia 04/05/2007 não deu leitura para nenhum ponto. O que significa que não houve presença de Fósforo no rio Portuguesa para esse dia. Como observado nos dias 19/03/2007, 21/05/2007 e 15/06/2007, P1 apresentou os maiores valores de concentração de Fósforo ($0,047 \text{ mg.L}^{-1}$, $0,047 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente) e nos dias 08/03/2007, 03/04/2007 ($0,082 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,054 \text{ mg.L}^{-1}$). O ponto P1 está localizado em uma área essencialmente agrícola e próximo ao ponto de confluência entre o rio Portuguesa e o rio Piquiri, como esse ponto recebe contribuição de toda a bacia, está associado ao uso agrícola e urbano. TOLEDO e NICOLELLA (2002) evidenciaram a influência da concentração de fósforo total na deterioração da qualidade da água, sendo o uso urbano o principal agente causador.

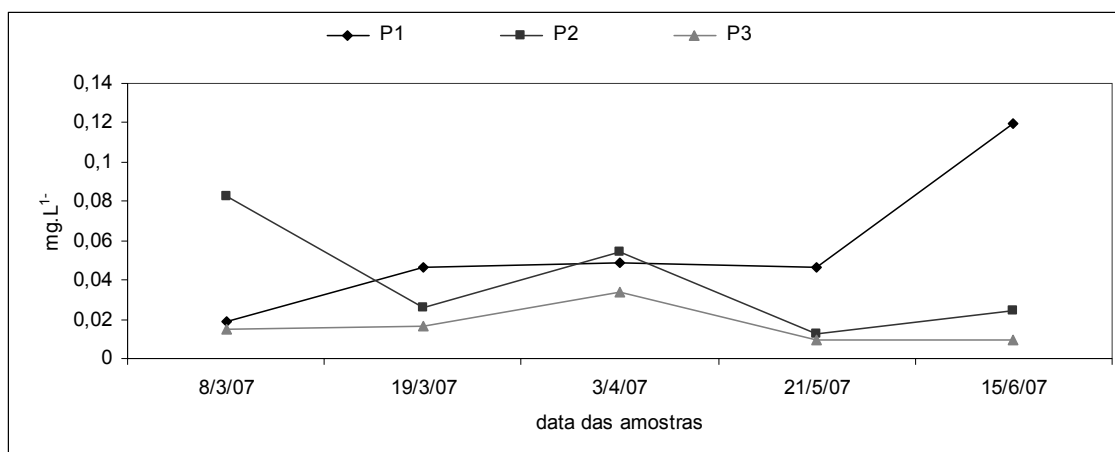


Figura 22 - Valores de Fósforo do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Quando comparada à concentração de Fósforo em relação à vazão, como mostra a Figura 23, evidenciada principalmente em P1, que em 15/06/2007, quando a vazão foi baixa, a concentração de Fósforo foi maior. Essa relação concentração de fósforo com vazão corrobora o trabalho de

ABDO e SILVA (2000) que encontram fósforo total 11,09 vezes mais concentrado no período de estiagem (vazão baixa) e de BORGES, GALBIATTI e BELLINGIERI (2003) que também encontraram maiores concentrações de fósforo em períodos de vazões baixas.

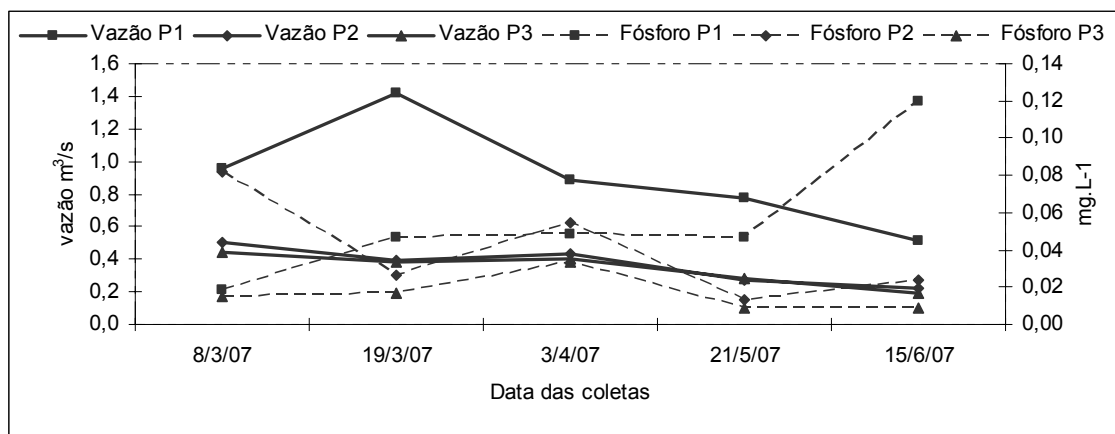


Figura 23 - Variação do Fósforo em função da vazão durante o período de estudo.

4.6 COR

Conforme PRODEMGE (2007), os principais constituintes responsáveis pela cor são os sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênica, sendo considerados de origem natural, a decomposição da matéria orgânica e a presença de ferro e manganês, e de origem antropogênica, resíduos industriais e esgoto domésticos. A coloração está relacionada à presença de substâncias dissolvidas na água. Classifica-se como **cor verdadeira**, devido somente às substâncias dissolvidas e **cor aparente**, aquela associada à cor e turbidez, ou seja, determinada sem separação do material em suspensão.

Os valores da cor no período em estudo encontram-se apresentados na Figura 24. Pode-se perceber que com exceção dos dias 21/05/2007 e 15/06/2007, P3 apresentou os menores valores de cor. P1 apresentou os

maiores valores nos dias 19/03/2007, 03/04/2007 e 04/05/2007 e P2 no dia 08/03/2007.

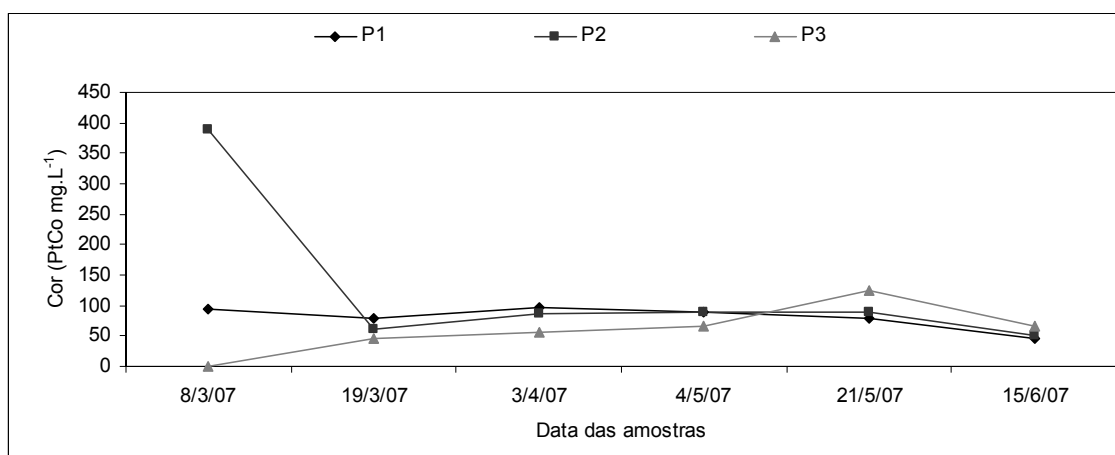


Figura 24 - Valores da cor no rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Em relação à vazão, pode-se notar na Figura 25 que os valores da cor têm uma correlação com os dados de vazão, ou seja, quando houve um aumento da vazão, respectivamente houve aumento nos valores do parâmetro cor, demonstrando uma alta carga de substâncias dissolvidas nas águas do rio Portuguesa. O ponto P1 obteve os valores de cor elevados nos dias 19/03, 03/04 e 04/05 de 2007, sendo que nestes dias os valores de vazão ($1,423 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $0,888 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,848 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e sedimentos ($1212,6 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$, $792,99 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ e $757,78 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$) também foram maiores. Este resultado está de acordo com FRITZSONS *et al.* (2003), que ao analisarem a qualidade da água do rio Capivari, concluíram que a cor tende a se elevar, quando há aumento na vazão. É natural que a cor, estando relacionada aos sedimentos, argilas e materiais orgânicos dissolvidos, se eleve com o aumento da vazão.

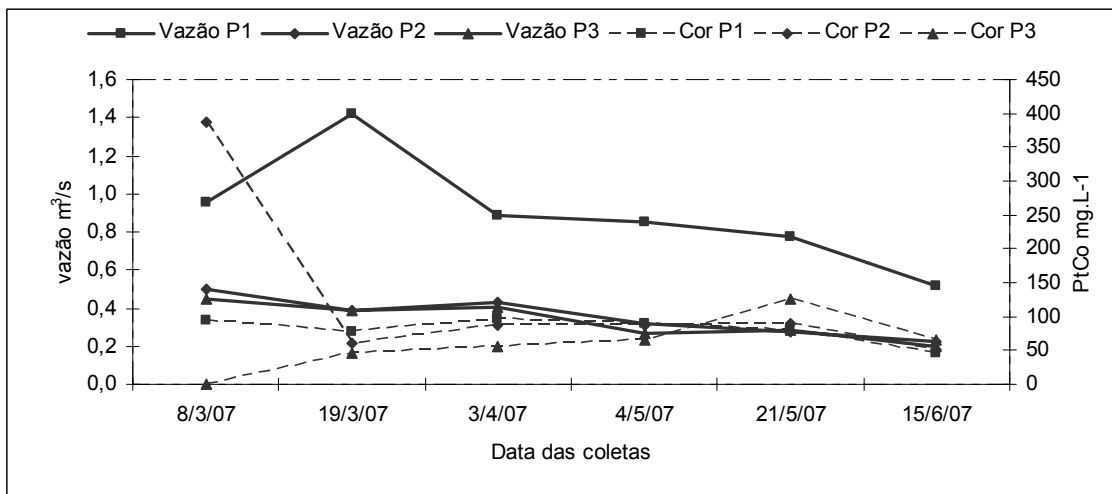


Figura 25 - Variação da cor em função da vazão.

4.7 TURBIDEZ

NAIME e FAGUNDES (2005), citando BRUST (1991), observam que a turbidez verificada nas águas é atribuída, principalmente, às partículas sólidas em suspensão, que pode ser causada pela presença de plâncton, algas, detritos orgânicos, zinco e ferro, entre outros, provenientes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais. Fatores como velocidade de escoamento, turbulência e represamento das águas interferem nos índices de turbidez do manancial.

As variações dos valores de turbidez no período em estudo são apresentadas na Figura 26.

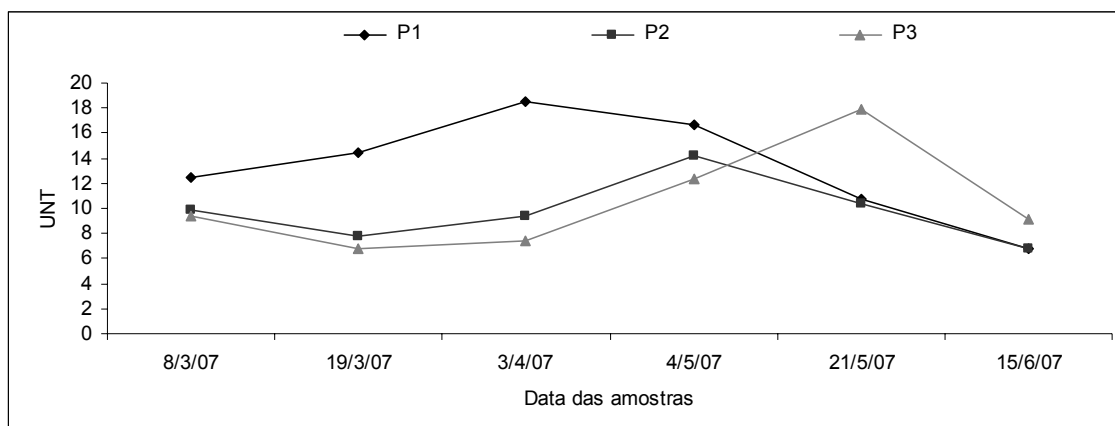


Figura 26 - Valores da turbidez do rio Portuguesa nos meses de março a junho de 2007.

Os valores de turbidez em P1 são os maiores, em relação aos outros pontos, com exceção dos dias 21/05/2007 e 15/06/2007. Conforme observado na Figura 27 os valores de turbidez de P1 tem relação com os de vazão nos períodos analisados. ARCOVA e CICCIO (1999) encontraram valores significativos no período das chuvas. A mesma situação foi encontrada por FRITZSONS *et al.* (2003), quanto maior a vazão mais elevada a turbidez.

Esses valores altos de turbidez em P1 podem ser explicados pelo fato desse ponto estar recebendo contribuição de todos os pontos e ser em área agrícola. Ressalta-se ainda que em P1 a declividade favorece o aporte de sólidos que venham ser carreados pela ação do escoamento superficial ou da erosão. Já no ponto P2, observa-se que nos dias 21/05/2007 e 15/06/2007, quando obteve os menores valores de turbidez, a vazão estava baixa, mostrando assim uma relação entre a turbidez e a vazão. TOLEDO e NICOLELLA (2002) encontraram maior valor de turbidez onde havia predominância do uso agrícola. SILVEIRA *et al.* (2007), ao realizarem a avaliação biológica da qualidade da água em duas microbacias do rio Mogi Guaçu (SP) e sua relação com os impactos agrícolas, encontraram maiores valores de turbidez nos pontos desprovidos de vegetação ciliar e circundados por áreas agrícolas.

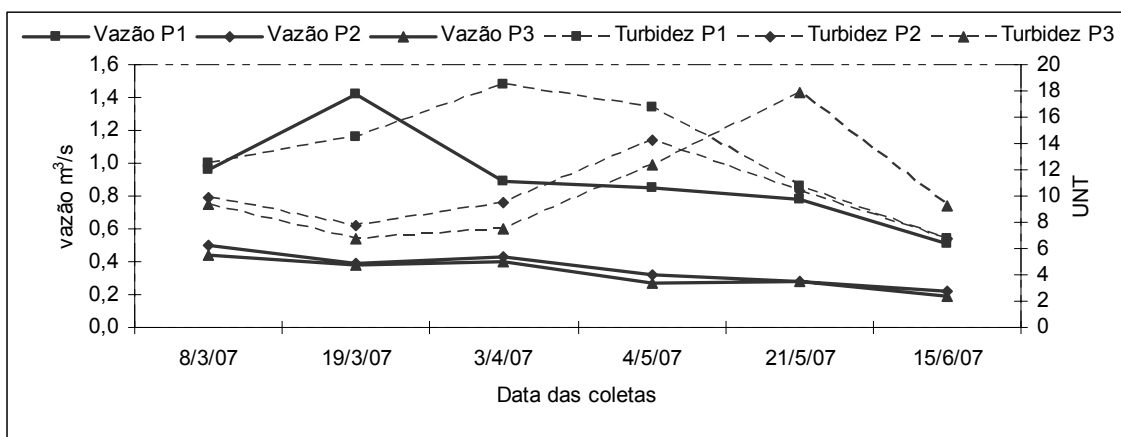


Figura 27 - Variação da turbidez em função da vazão durante o período de estudo.

4.8 COLIFORMES TOTAIS

As variações dos valores de Coliformes Totais – CT, no período em estudo, estão apresentados na Figura 28. Observa-se que o ponto 1 apresenta maiores de valores de CT nos dias 19/03, 03/04 e 04/05. Nos dias 21/05 e 15/06 os maiores valores foram encontrados em P2 e no dia 08/03 em P3.

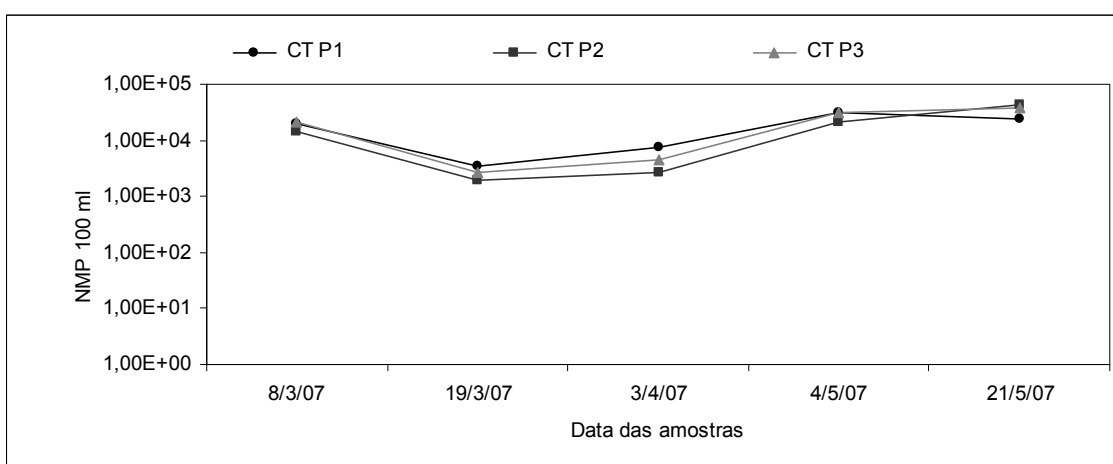


Figura 28 - Valores de coliformes totais no período de estudo.

O comportamento do P1 frente aos valores vazão foi observado nos dias 19/03, 03/04 e 04/05 de 2007, quando P1 apresentou maiores valores de coliformes totais e também maiores valores de vazão (Figura 29). Como P1 está localizado próximo ao ponto de confluência do rio Portuguesa com o rio Piquiri, é possível que haja contribuição dos outros pontos, carreando tais contaminantes ao ponto P1. GONÇALVES *et al.* (2005), ao estudarem a qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira, constataram que a menor contaminação com coliformes totais foi notada no período de ausência de precipitação. Isso pode ser explicado por não haver carreamento de tais contaminantes pelas águas pluviais para o corpo d'água.

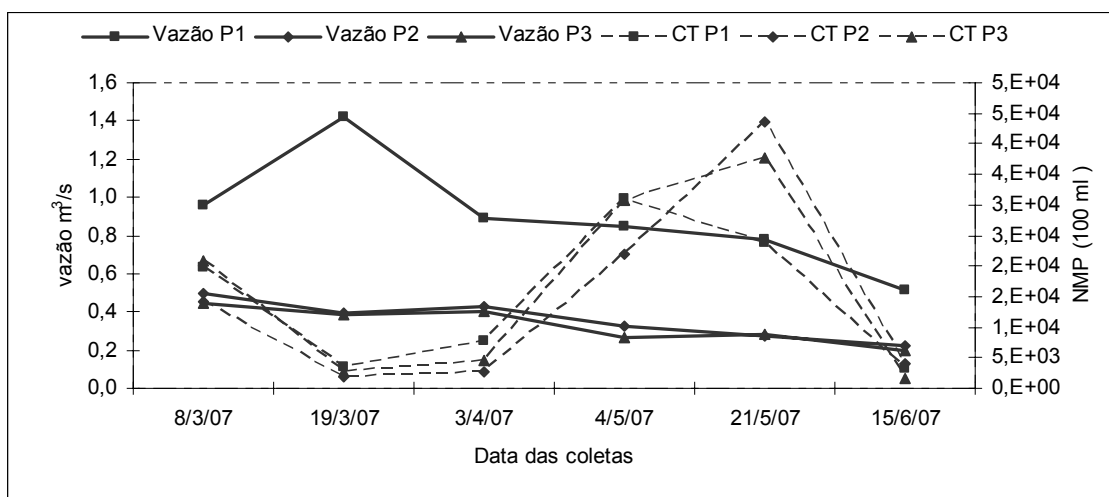


Figura 29 - Variação dos coliformes fecais em função da vazão no período de estudo.

4.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os valores de Coliformes Fecais - CF, no período em estudo, encontram-se na Figura 30. Como observado, nos dias 08/03, 19/03, 21/05 e 15/06, P2 obteve os maiores valores de CF. Nos dias 19/03 e 03/04 de 2007 essa característica foi encontrada em P3.

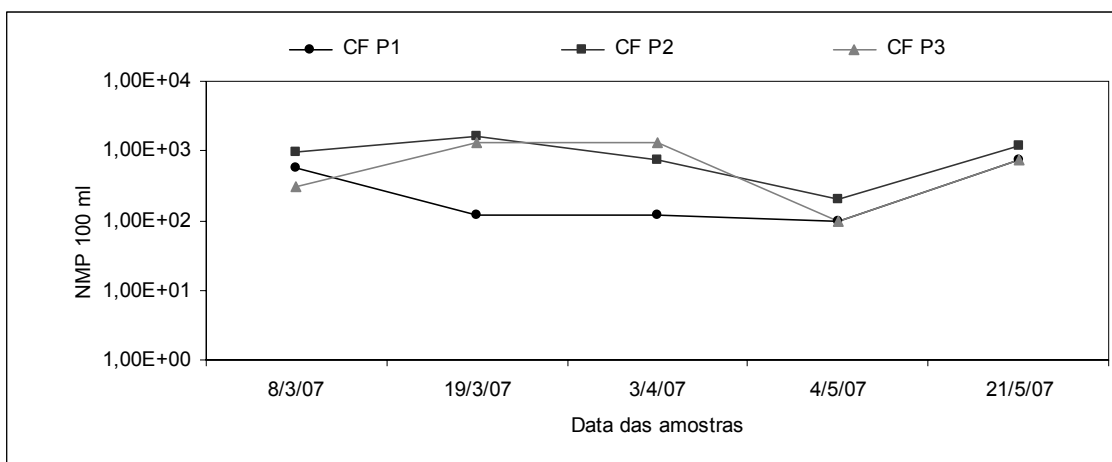


Figura 30 - Valores de coliformes fecais no período de estudo.

Quando comparados coliformes fecais *versus* vazão houve uma oscilação, conforme mostrado na Figura 31. Constatou-se que nos dias 08/03, 19/03, 15/06 e 21/05 de 2007, quando P2 apresentou maiores valores de coliformes fecais, sua vazão foi a menor, comparada aos pontos 1 e 3, o mesmo aconteceu para o dia 03/04 em P3. Já nos dias 04/05 e 16/05 de 2007, P2 apresentou maiores valores de coliformes fecais e de vazão. Esse comportamento pode ser explicado pelo uso e ocupação do solo, provavelmente esses contaminantes ocorram por influência de águas pluviais advindas da rodovia BR 369 e da cidade de Ubiratã, pois o divisor de águas da bacia está localizado em parte do município de Ubiratã (Figura 4). Ressalta-se que há uma área de ocupação irregular que fica à margem do rio Portuguesa. A variabilidade nos valores de contaminantes microbiológicos entre os pontos de coleta e épocas do ano, é comum nos trabalhos de monitoramento da qualidade da água em microbacias hidrográficas. GONÇALVES *et al.* (2005), ao citarem CRABILL *et al.* (1999), observam que as concentrações de coliformes fecais podem variar com o revolvimento do sedimento do rio, com alterações no terreno e na vazão.

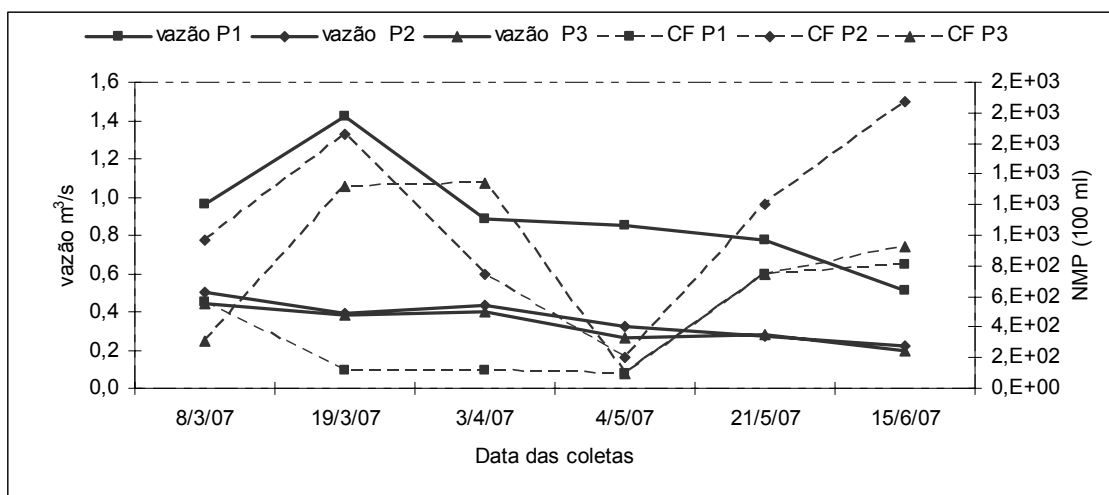


Figura 31 - Relação entre vazão e coliformes fecais.

4.10 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

Quando analisados os sólidos em relação às vazões, conforme mostrado na Figura 32, observa-se que há uma relação nítida entre esses parâmetros. A presença de materiais em suspensão e a cor da massa líquida diminuem a transparência das águas, podendo reduzir significativamente a energia luminosa disponível para a fotossíntese. A diminuição da transparência afeta negativamente o aspecto estético das águas, principalmente as poluídas, que passam a ter seu uso comprometido, inclusive para fins industriais (NAIME; FAGUNDES, 2005).

P1 foi o ponto que apresentou maiores valores de sólidos, isso se deve à sua localização (próximo ao ponto de confluência rio Portuguesa/rio Piquiri). Esse ponto recebe a contribuição dos outros dois pontos e da bacia como um todo. O uso e a ocupação do solo refletem muito na quantidade do aporte de sedimentos, pois numa área impermeabilizada e com grandes concentrações de chuvas o material é carregado rapidamente para o rio. A relação sedimento *versus* vazão neste estudo, corrobora SILVA, ANGELIS e MACHADO (2007) que, avaliando a influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus,

encontraram picos de aumento de sólidos em suspensão, coincidindo com o período de máxima ocorrência de chuvas.

HONDA *et al.* (2002), ao quantificarem a concentração de sedimentos em suspensão em rios de bacias com diferentes usos do solo encontram maiores valores de sedimentos em épocas de maiores vazões. Os autores relatam que na estiagem há diminuição da disponibilidade de partículas soltas, assim como da água de escoamento superficial e, como consequência, menos sedimentos no rio; o período úmido favorece o movimento dos sedimentos tanto pela abundância de material disponível para transporte, como pela ocorrência de escoamento superficial nos locais mais susceptíveis, o que pode aumentar a concentração de sedimentos em suspensão no canal de drenagem. Os autores comentam ainda que, isso depende também do uso e ocupação do solo, por exemplo, em área de vegetação florestal o aumento da produção de sedimentos não é proporcional ao aumento da precipitação e escoamento superficial. Pode-se aplicar esse fato ao ponto P3 que apresentou os menores valores de sedimentos em suspensão. Nesse ponto, a vegetação florestal é maior que nos outros pontos.

Com o aumento da vazão, obtiveram-se também maiores quantidades de sólidos em suspensão. Mesmo apresentando área de preservação permanente, observou-se que em sua maioria não são suficientes o que pode ter contribuído para que os sólidos fossem carregados até o rio. Outro fato pode ser relacionado à declividade da bacia e ao manejo adequado do uso do solo para a agricultura: a prática do plantio direto quando feita sem manejo pode acarretar maiores problemas, pois com as chuvas e o carreamento do solo, há perda da camada fértil, sendo assim, é necessária maior fertilização do solo.

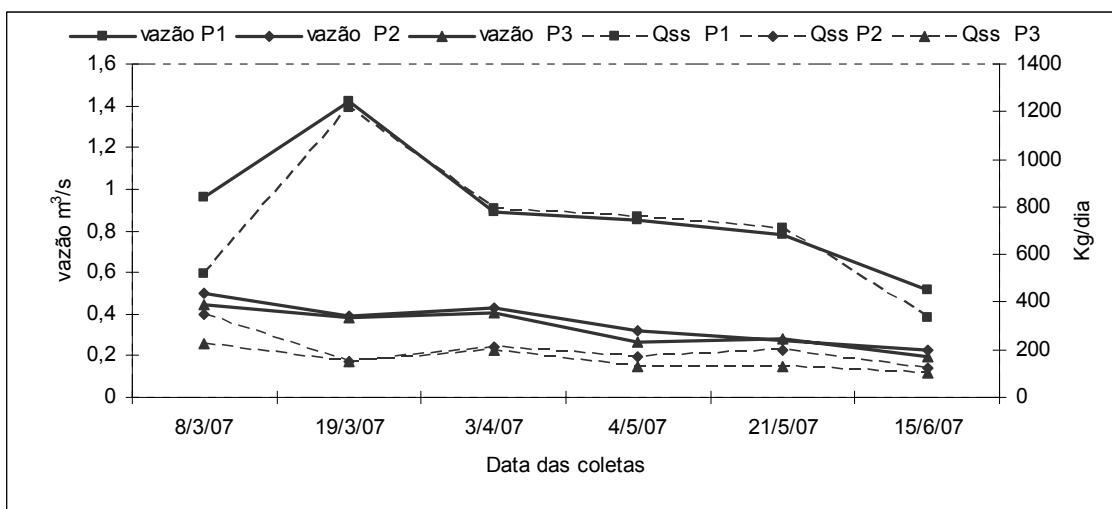


Figura 32 - Variação da descarga de sólidos em suspensão em função da vazão durante o período de estudo.

4.11 CURVA CHAVE

As figuras 33, 34 e 35 apresentam a curva chave da descarga sólida em suspensão *versus* a vazão. A relação encontrada mostra que os valores de sólidos em suspensão encontrados no rio Portuguesa apresentaram boa correlação com os respectivos valores de vazão nos três pontos monitorados, apesar da afirmação de PAIVA *et al.* (2000), que encontrou grande incerteza na elaboração de curvas-chave de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas.

É importante destacar que os valores de vazão e sedimentos obtidos nos três pontos referem-se ao fluxo de vazão básica no rio, pois o acesso às secções controle durante a chuva ficava impossível devido às condições da estrada.

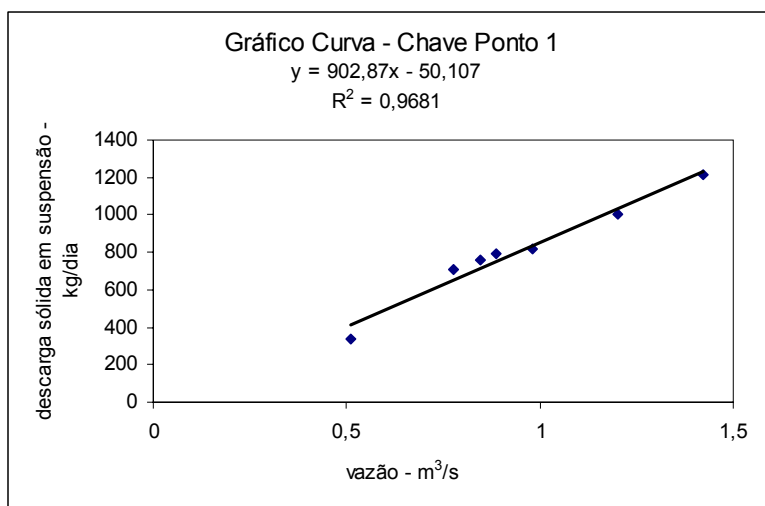


Figura 33 - Curva chave descarga sólida *versus* vazão – ponto 1.

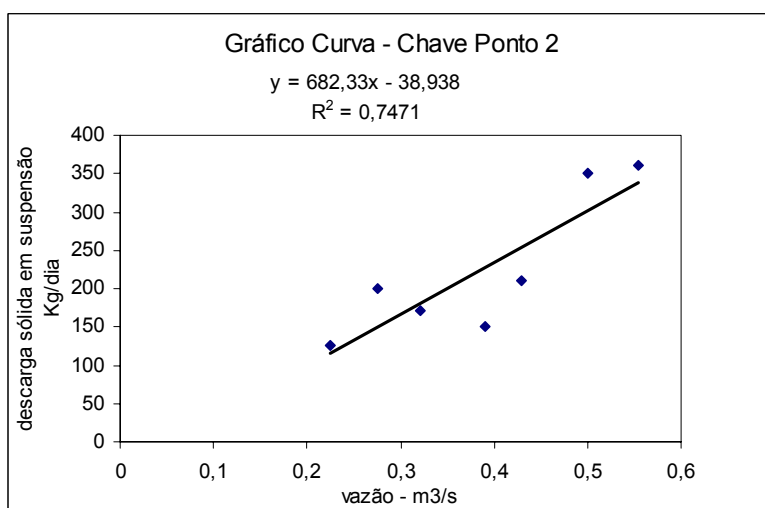


Figura 34 - Curva chave descarga sólida *versus* vazão – ponto 2.

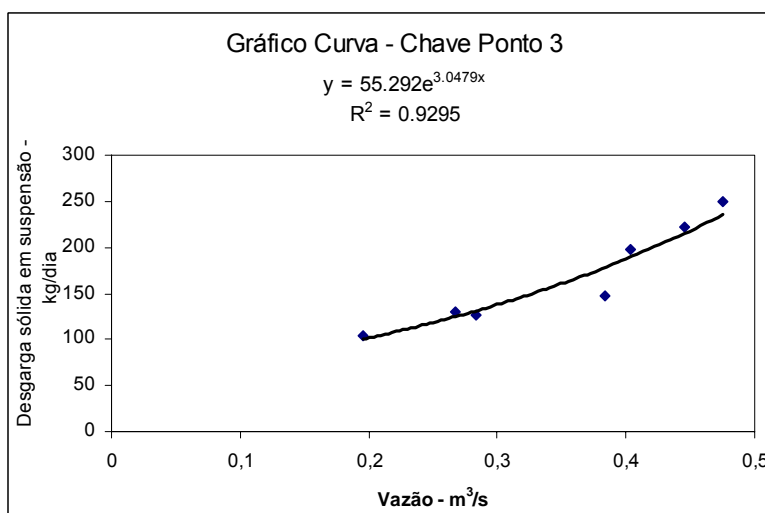


Figura 35 - Curva chave descarga sólida *versus* vazão – ponto 3.

4.12 CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

A Tabela 5 mostra as matrizes de correlação linear de Pearson para os parâmetros monitorados nos pontos 2 e 3, pois no ponto 1 nenhum parâmetro teve correlação com a vazão.

Tabela 5 - Parâmetros correlacionados com $R > 0,70$ e número de pares de dados de correlação $N > 5$ para os pontos 2 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão dos de correlação $N > 5$ para os pontos 2 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão

| PONTO AMOSTRAL | PARÂMETROS CORRELACIONADOS | CORRELAÇÃO | P-VALOR | NÚMERO DE PARES DE DADOS |
|----------------|----------------------------|------------|---------|--------------------------|
| Ponto 2 | Vazão x CE | 0,886* | 0,019 | 12 |
| | Vazão x P | 0,891* | 0,042 | 12 |
| Ponto 3 | Vazão x Temp. água | 0,888* | 0,018 | 12 |

Nota: * Correlação significativa ao nível de 5%.

Percebe-se na Tabela 5 que, nos pontos 2 e 3, existem correlações positivas entre os parâmetros CE, fósforo e temperatura da água, em relação à vazão.

Essas correlações demonstram que tanto no Ponto 2 quanto no Ponto 3 (pontos próximo a área urbana), com o aumento da vazão, houve aumento na condutividade elétrica nas águas do rio Portuguesa, sendo que estes pontos sofrem influência da área urbana e rural, acarretando poluição pontual e difusa, associadas à presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica. Com o aumento da vazão houve aumento de fósforo em P2, que pode estar associado ao uso e ocupação do solo da bacia do rio Portuguesa que é em grande parte agrícola, não eximindo a possibilidade de contribuição por esgotos sanitários advindos da cidade de

Ubiratã, pois o município não possui sistema de tratamento de esgoto que contemple a área urbana como um todo e sabendo da existência de uma ocupação irregular próxima a margem do rio Portuguesa. Em relação à temperatura, em P3 os maiores valores da temperatura estiveram associados aos menores valores de vazão.

A Tabela 6 apresenta a correlação entre sólidos em suspensão nos pontos 1 e 3, sendo que no P2 não houve correlação.

Tabela 6 - Parâmetros correlacionados com $R > 0,70$ e número de pares de dados de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão dos de correlação $N > 5$ para os pontos 1 e 3 do rio Portuguesa em relação à vazão

| PONTO AMOSTRAL | PARÂMETROS CORRELACIONADOS | CORRELAÇÃO | P-VALOR | NÚMERO DE PARES DE DADOS |
|----------------|----------------------------|------------|---------|--------------------------|
| Ponto 1 | Vazão x Qss | 0,894* | 0,016 | 1 |
| Ponto 3 | Vazão x Qss | 0,927** | 0,008 | 1 |

Nota: * Correlação significativa ao nível de 5%.

** Correlação significativa ao nível de 1%.

4.13 ENQUADRAMENTO RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.

Com a finalidade de auxiliar nos usos futuros das águas do rio Portuguesa, procurou-se enquadrá-lo na classe de uso da Resolução CONAMA 357/2007. Para tanto, foram analisadas as concentrações obtidas nos parâmetros analisados, em relação aos limites estipulados na Resolução, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de referências disponíveis na Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, para alguns parâmetros monitorados no presente trabalho.

| PARÂMETRO/ REFERÊNCIAS | CONAMA 357/2005 CLASSE 2 | CONAMA 357/2005 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 |

Dos parâmetros analisados e pelos resultados obtidos, têm-se que coliformes totais, coliformes fecais, oxigênio dissolvido e fósforo enquadraram o rio Portuguesa em classe 3. Os parâmetros pH, turbidez, nitrato e nitrito enquadram em classe 2 e a cor em classe 2 ou 3.

5 CONCLUSÕES

A partir das análises dos parâmetros físico – químicos, bacteriológicos e sólidos suspensos estudados, em função da vazão dos pontos 01, 02 e 03, localizados no rio Portuguesa, apresentaram situações em que houve uma relação tanto com o aumento, quanto com a diminuição da vazão. Salienta-se que os valores vazão obtidos no período de medição representam a vazão básica do rio Portuguesa, pois as medições foram realizadas após a precipitação ter cessado, devida a inacessibilidade às secções de controle no momento da precipitação.

Observando os valores e concentrações obtidos no período de estudo para cada parâmetro, pode-se concluir que a temperatura da água apresentou uma oscilação de valores, podendo este comportamento estar associado à época do ano, ao horário das medições e ao uso e ocupação do solo na bacia. O parâmetro pH manteve-se próximo à neutralidade em todos pontos de estudo. Quando comparado com a vazão, quando houve aumento significativo na vazão os valores de pH também aumentaram, demonstrando que com a pluviosidade há uma diluição de compostos dissolvidos.

Condutividade elétrica (CE), cor e turbidez tiveram relação com a vazão. A condutividade elétrica apresentou ainda uma relação com a temperatura, em que os valores elevados de condutividade estiveram associados a elevados valores de temperatura da água. Ressalta-se que em P2, após análise estatística, a CE apresentou correlação positiva com a vazão, sendo que os menores valores de CE estiverem associados a elevados valores de vazão. O ponto 2 localiza-se próximo à cidade de Ubiratã e à rodovia BR 369, sendo que as concentrações de CE podem estar associados ao uso e ocupação do solo no entorno.

Em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido (OD), observou-se uma relação com a temperatura da água. Os maiores valores de OD estiveram associados a temperaturas da água mais baixas. Houve também uma relação

entre o OD e a vazão, vazões maiores elevaram os níveis de OD. Os baixos níveis de OD encontrados podem demonstrar que há um aporte de matéria orgânica no rio Portuguesa proveniente da área urbana.

Observou-se ainda uma relação entre coliformes fecais e oxigênio dissolvido OD, em que as maiores concentrações de coliformes estiveram associadas a menores valores de OD. Observou-se ainda que as maiores concentrações de coliformes fecais foram encontrados em P2, comportamento que pode estar associado ao fato deste ponto estar situado próximo à área urbana e pode estar recebendo contaminantes proveniente da mesma.

Quanto às variáveis coliformes totais e fecais (termotolerantes), obtiveram-se valores elevados, podendo haver uma relação entre vazão, uso e ocupação do solo. Isso demonstra que com altas vazões há o carreamento de materiais poluentes e que associados a uma ocupação do solo inadequada podem estar contaminando o rio Portuguesa.

Dos nutrientes (fósforo total, nitrito e nitrato) estudados, com exceção do nitrogênio total kjedhal, para o qual não houve uma relação significativa com a vazão, nitrito, nitrato e fósforo total tiveram valores elevados quando a vazão foi menor. A análise estatística mostrou que o P1 teve uma correlação positiva com a vazão em P2. Os valores encontrados para os nutrientes podem estar relacionados à adubação da cultura e com contribuição da área urbana.

As curvas-chave de vazão/sólidos em suspensão do rio Portuguesa, apresentaram uma boa correlação nos três pontos monitorados, apesar da afirmação de Paiva *et al.* (2000) que encontrou grande incerteza na elaboração de curvas-chave de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas. P1 foi o que apresentou maiores valores de sólidos, isso se deve a sua localização (próximo ao ponto de confluência rio Portuguesa/rio Piquiri); esse ponto recebe a contribuição dos outros dois pontos e da bacia como um todo. O uso e ocupação do solo reflete muito na quantidade do aporte de sedimentos, pois numa área impermeabilizada e com grandes concentrações de chuvas o material é carregado rapidamente para o rio. O período úmido favorece o movimento dos sedimentos tanto pela abundância de material disponível para transporte, como pela ocorrência de escoamento superficial nos locais mais susceptíveis, o que pode aumentar a concentração de sedimentos em

suspensão no canal de drenagem. O manejo adequado do solo seria uma ferramenta na mitigação desse problema.

Como sugestão para trabalhos futuros o monitoramento mensal tanto dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos como para os sedimentos seria uma ferramenta para classificar a classe de uso do rio Portuguesa, além de avaliar a contribuição de sedimentos no rio Piquiri. O monitoramento mensal estaria auxiliando para delimitação dos pontos críticos e quais as contribuições ou potenciais de poluição no rio, tais como o uso para agricultura (fertilização do solo), a área urbana, já que o divisor de águas da bacia está localizado dentro do município de Ubatã, tendo uma contribuição da mesma, águas pluviais advindas da BR 369, delimitação de área de preservação permanente – APP, entre outros. A partir deste monitoramento, realizar ainda análises nos tributários do rio Portuguesa e acrescentar outros parâmetros como DBO, DQO, cálcio, potássio, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABDO, M. S. A.; SILVA, C. J. Variação diária limnológica nos períodos de estiagem e cheia na baía Ninhal Corutubá. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3, 27 a 30 de nov., 2000. Corumbá-MS. **Anais...** Corumbá – MS. 2000. p. 01-12.

ADREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; PEGORINI, E, S.; DALARMI, O. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ADREOLI, C. V. (org) **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu.** Curitiba: Sanepar, Finep, 2003. p. 35-84.

AMBIENTE BRASIL. **Avaliação da qualidade da água.** Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/qualidade.html>>. Acesso em: junho 2007.

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

ARAÚJO, A. B.; FELIX, E. P.; BRITO, N. M.; AMARANTE JUNIOR, O. P. Interações e destino de pesticidas no ambiente. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SCHALCH, V. (orgs.) **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa.** São Carlos: Rima, 2004. p. 17-31.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S. F.; CICCO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 185-96, 1999.

ARGENTON, E. C.; ESPINDOLA, E. L. G. NOGUEIRA, A. M. Avaliação dos tributários da Represa do Lobo (Itirapina Brotas, Sp): Uma abordagem ecossistêmica. In: ESPEPÍNDOLA, E. L. G.; SCHALCH, V. **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: Rima, 2004. p. 155-189.

BARCELLOS, C. M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, set, 2006.

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

BITTENCOURT, S.; GOBBI, E. F. Carga máxima de fósforo admissível ao reservatório Piraquara II, uma aplicação do processo TMDL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 595-603, 2006.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. 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.

BORDAS, M. P.; SELMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; BELLINGIERI, P. A. Qualidade hídrica do córrego Jaboticabal sob a ação de interceptores de esgoto, em diferentes épocas do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 521-531, set./dez. 2003.

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: junho, 2007.

BRITO, L. T. L.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, A. S.; GHEY, H. R.; GALVÃO, C. O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

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

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Revista Química Nova**, São Paulo – SP, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. **Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 3, p. 165–172, julho/set. 2004.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 2000. 154 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – PRODEMGE. **Qualidade da água**. Governo do Estado de Minas Gerais, 1999. Disponível em: <http://www.unifra.br/professores/13639/primeira%20aula_jan%20de%202006_impres.ppt>. Acesso em: junho, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Legislação: água para consumo humano, potabilidade, fluoretação**. São Paulo: Cetesb, 1995. 67 p. (Série Documentos/Secretaria do Meio Ambiente).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp> Acesso em: junho, 2007.

COOPERATIVA AGROPECUÁRIA UNIÃO – COAGRU. **Dados pluviométricos e de temperatura do município de Ubatã**. COAGRU, 2007. Arquivo digital enviado por e-mail de tecnico@coagru.com.br para cristianyfc@hotmail.com em 2 de junho de 2007 3:47:14. Planilha.

COOPERATIVA AGROPECUÁRIA UNIÃO – COAGRU. **Dados agrícolas da bacia hidrográfica do rio Portuguesa**. COAGRU, 2007. Arquivo digital enviado por e-mail de tecnico@coagru.com.br para cristianyfc@hotmail.com em 2 de junho de 2007 3:47:14 Planilha.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, D. D. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 101 p.

DUQUE-ESTRADA, C. H. E.; CESAR, D. E.; ROLAND, F. Perfil vertical da condutividade elétrica em dois reservatórios do sistema Furnas. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11, 2004. Juiz de Fora – MG. **Anais...** Juiz de Fora – MG: Programa Furnas de Limnologia, 2004. p. 1-10.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Indicadores da qualidade da água.** Disponível em: <<http://www.embrapa.com.br>>. Acesso em: junho, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FRITZSONS, E.; HINDIL, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. Conseqüências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água pluvial. **Revista Floresta**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, 201-214, 2003.

GENDA, A. Poluição das águas. In: PHILIPPI JUNIOR, A. (org). **Saneamento do meio.** São Paulo: FUNDACENTRO, Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental, 1985. 253 p.

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.

HONDA, E. A.; ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ANIDO, N. R. Concentração de sedimentos em suspensão em rios de bacias com diferentes usos do solo, na região do Alto Paraíba – SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 5, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo. 2002. p. 395-401.

INSTITUTO PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER. **Plano de manejo da microbacia do rio Portuguesa.** Ubatã: EMATER, 2000. 25 p.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Revista Química Nova**, São Paulo – SP, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro – RJ, v. 10, n. 3, p. 219-228, jul./set 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. Relações da hidrossedimentologia com os setores agrícola e elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Caracterização quali-quantitativa da produção de sedimentos, 4. 2001. Santa Maria – RS. **Anais...** Santa Maria: ABRH/UFMS, 2001. v. 1, p. 381-393.

MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do ribeirão dos Apertados - PR. **Revista Geografia**, Londrina, v. 12, n. 2, jul./dez, 2003.

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.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentado**. Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, out./dez 2002.

MORO, M. **A utilização da interface SWAT-SIG no estudo da produção de sedimentos e do volume de escoamento superficial com simulação de cenários alternativos**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. ver. e atualizada. 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.

NEVES, F. F.; SILVA, F. G. B.; CRESTANA, S. Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro – RJ, v. 11, n. 4, p. 311-317, out./dez., 2006.

PÁDUA, H. B. de. **Temperatura (água/ar) em sistemas aquáticos**. Disponível em: <<http://www.abrappesq.com.br/materia2.htm>>. Acesso em: maio, 2007.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D.; PARANHOS, R. M. Produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas rurais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Caracterização quali-quantitativa da produção de sedimentos, 4, 2001. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. ABRH/UFMS, 2001, v. 1, p. 35-51.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D.; PARANHOS, R. M.; EMMER, R. Curvas chave de vazões e de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas rurais. O que representam? In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Caracterização quali-quantitativa da produção de sedimentos, 2000. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. ABRH/UFMS, 2000. v 1. 1 CD-ROM.

SCHIAVETTI, A. **Informações ambientais sobre os parâmetros do kit de análise de água.** Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt9.html>. Acesso em: junho, 2007.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 21-26 abril 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3577-3584.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; FERRAZ, J. M. G.; RIBACINKO, D. B.; CARVALHO, M. P.; MARIGO, A. L.; SITTON, M.; ZAMBON, G.; SILVA, J. R. **avaliação biológica da qualidade da água em duas microbacias do rio Mogi Guaçu (SP) e sua relação com os impactos agrícolas.** Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/biologico/v68_supl_raib/319.PDF> Acesso em: junho, 2007.

SOUTO, F. A. F.; ROSÁRIO, J. M. L.; OLIVEIRA, M. J.; SACASA, R. J. V.; MOURA, H. P.; AQUINO, R. W. P.; FERREIRA, A. L. C.; GOMES, W. L. **Avaliação preliminar da água consumida no loteamento Marabaixo III, Macapá - AP.** Disponível em: http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/artigo_geologia/avaliacao.pdf. Acesso em junho, 2007.

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.

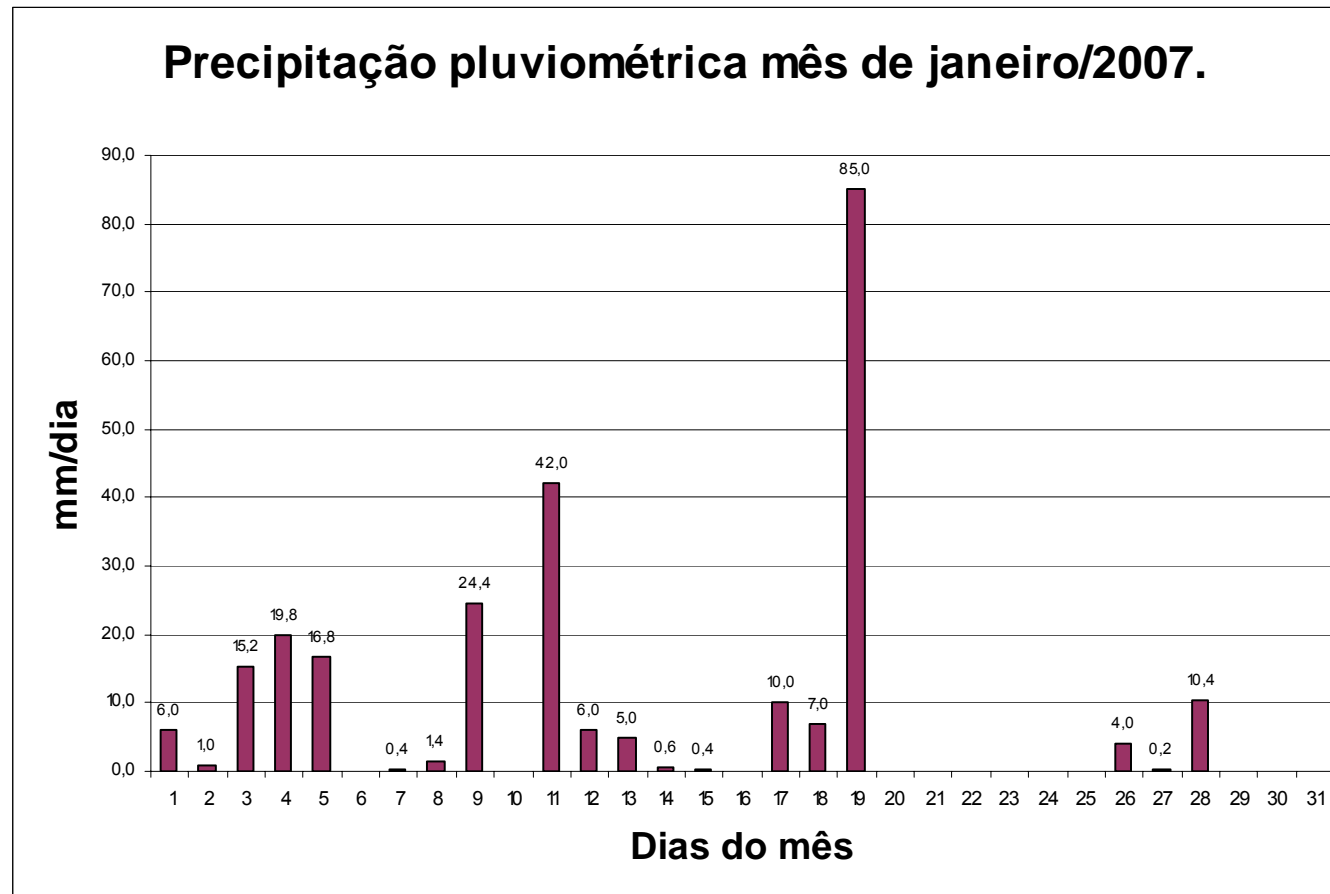
VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Revista Eclética Química**, São Paulo, v. 22, 1997.

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, 16-21 abril 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2555-2562.

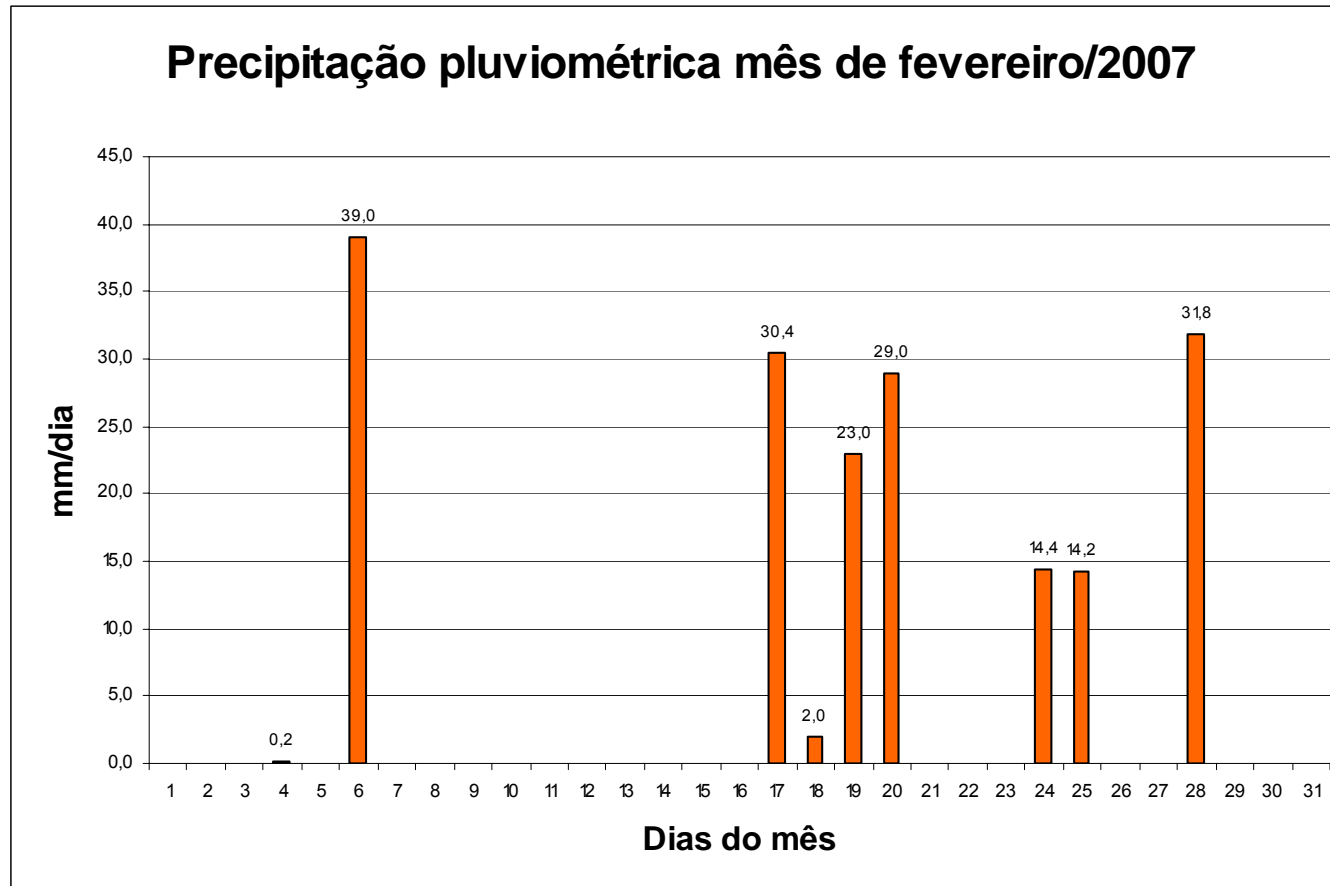
VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** Belo Horizonte MG: DESA-UFMG. 1996. v. 1, 240 p.

WILSON JUNIOR, G.; PAIVA L. E. D. Estimativa da descarga sólida por arraste a partir do registro das configurações de fundo: aplicação ao córrego Horácio, Noroeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 23 – 27 de nov. de 2003. Curitiba - PR. **Anais...** Curitiba – PR. 2003.

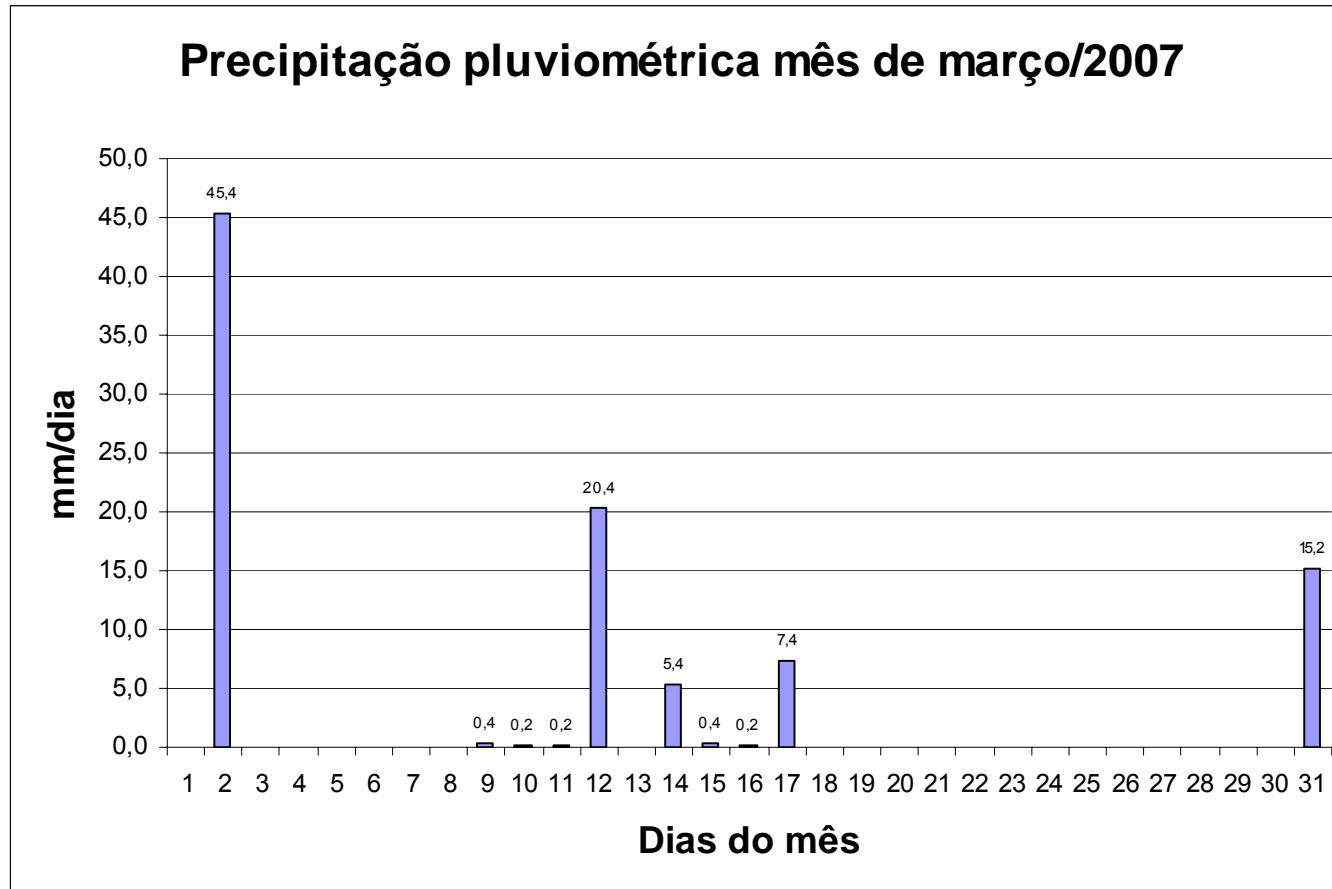
ANEXOS

ANEXO A – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE JANEIRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

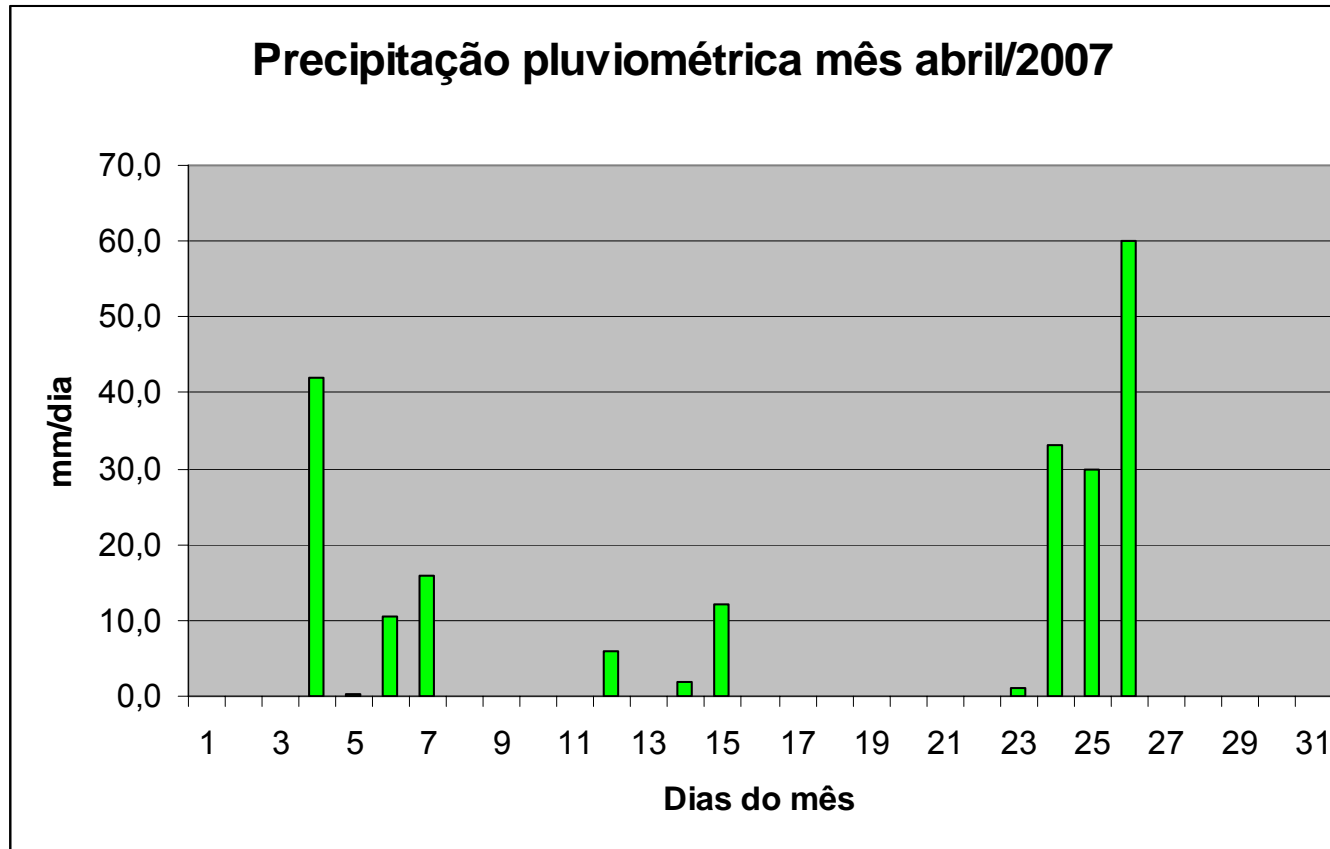
FONTE: (COAGRU, 2007).

ANEXO B - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

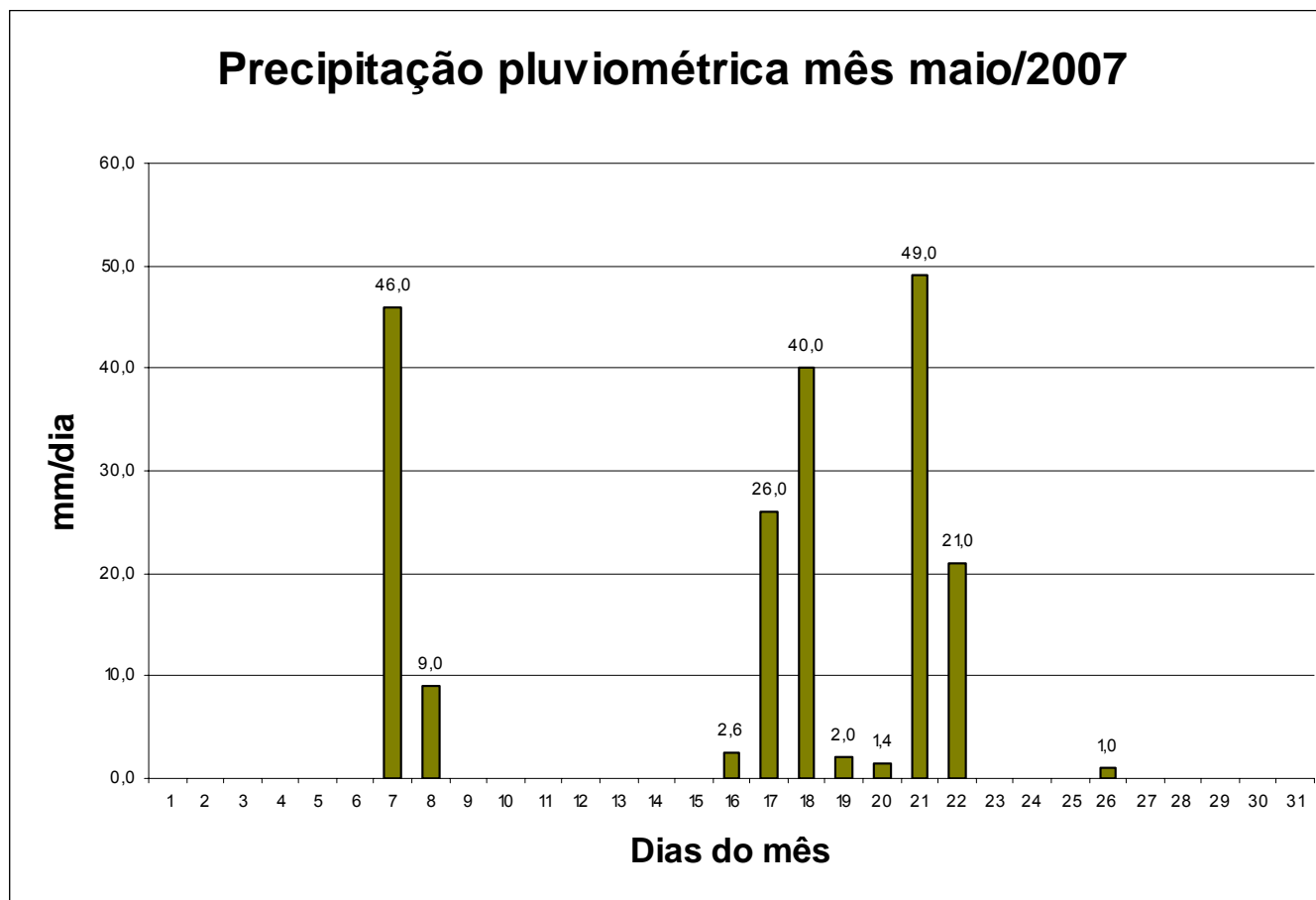
FONTE: (COAGRU, 2007).

ANEXO C - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE MARÇO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

FONTE: (COAGRU, 2007).

ANEXO D - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE ABRIL DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

FONTE: (COAGRU, 2007).

ANEXO E - PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO MÊS DE MAIO DE 2007 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PORTUGUESA

FONTE: (COAGRU, 2007).

ANEXO F – ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.

Dentre os instrumentos para avaliação da qualidade dos recursos hídricos no Brasil, temos a Resolução 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA que dispõe sobre a classificação de corpos de água, dá diretrizes para o enquadramento dos mesmos e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e de outras providências (BRASIL, 2005). Para tal considera dentre outros os argumentos:

- a) “que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável;
- b) que tem função ecológica;
- c) que a natureza tem valor intrínseco;
- d) que a saúde, o bem estar humano e o equilíbrio ecológico não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas”.

Partindo ainda do pressuposto da qualidade dos recursos hídricos, tal Resolução classifica os corpos hídricos 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, estão estabelecidas cinco classes, as quais podem ter os respectivos usos como segue (BRASIL, 2005):

- a) “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;
- b) 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;
- c) 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 aquicultura ou atividade pesqueira;

- d) 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;
- e) Classe 4 - pode ser destinada a navegação e a harmonia paisagística".

Para as classes acima descritas, existem padrões individuais para diferentes substâncias orgânicas e inorgânicas. Como reforço, e permitindo a investigação de substâncias não listadas, os parágrafos do Artigo 7º, BRASIL (2005), estabelecem que:

- a) “eventuais interações entre as substâncias, especificadas ou não na Resolução 357/2005, não poderão conferir as águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração no comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos;”
- b) “devem ser monitorados indicadores não estabelecidos para os quais haja suspeita de contaminação;”
- c) “a qualidade dos ambientes aquáticos pode ser avaliada por indicadores biológicos;”
- d) “as possíveis interações entre os contaminantes não listados na Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos devem ser investigados utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos ou outros métodos cientificamente reconhecidos”.