



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Departamento de Engenharia Civil

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

# **DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NA MICROBACIA DO CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA NO MUNICÍPIO DE REGENTE FEIJÓ - SP**

**PABLO MORENO MOLINA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil - ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

ILHA SOLTEIRA - SP

Jan - 2006

## FICHA CATALOGRÁFICA

Técnico Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço  
de Biblioteca e Documentação da UNESP-Ilha Solteira

Molina, Pablo Moreno

M722d Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do Córrego  
Água da Bomba

no município de Regente Feijó - SP / Pablo Moreno Molina. -- Ilha Solteira :  
[s.n.], 2006

158 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha  
Solteira, 2006

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez

Bibliografia: p. 149-152

1. Água - Qualidade. 2. Esgotos. 3. Água - Poluição. 4. Microbacia.

## **À Água, Fonte de Vida**

Ofereço

**À minha Laís, minha filha**

Dedico esta conquista

### **ORAÇÃO DA CAMPANHA DA FRATERNIDADE - 2004**

*Bendito sejas, ó Deus Criador, pela água, criatura vossa, fonte de vida para a Terra e os seres que a povoam. Bendito sejas, ó Pai Providente, pelos rios e mares imensos, pela bênção das chuvas, pelas fontes refrescantes e pelas águas secretas do seio da terra. Bendito sejas, ó Deus Salvador, pela água feita vinho em Caná, pela bacia do lava-pés e pela fonte regeneradora do Batismo.*

*Perdoai-nos, Senhor Misericordioso, pela contaminação das águas, pelo desperdício e pelo egoísmo que privam os irmãos desse bem tão necessário à vida. Dai-nos, ó Espírito de Deus, um coração fraterno e solidário, para usarmos a água com sabedoria e prudência e para não deixar que ela falte a nenhuma de vossas criaturas.*

*Ó Cristo, Vós que também tivestes sede, ensinai-nos a dar de beber a quem tem sede. E concedei-nos com fartura a água viva que brota de Vosso coração e jorra para a vida eterna.*

**AMÉM**

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus Pai por criar em mim o empenho em realizar este trabalho, diante das dificuldades e dos esforços a serem vencidos.

Aos meus pais, Antonio e Sonia, cuja aliança resultou em minha existência e em meu sucesso como profissional e como pai. Agradeço pelo amor e pelo orgulho de tê-los ao meu lado.

À minha doce e querida Laís, minha filha, pelo amor e pureza que exalam de seu viver infantil.

Aos meus irmãos, Lina, Bruno e Lygia, outrora amigos de brinquedos, hoje companheiros em cumplicidade. Ao meu cunhado Sérgio e minha sobrinha Stela por amarem minha irmã.

Aos meus avós, José Molina Cabrera e Lúcia Galante Molina, Angelo Moreno Manzano e Alzira Sorgi Moreno pela formação de meus pais e pelo carinho proporcionado.

Aos meus primos, Lucas e Gustavo, pela amizade e companheirismo.

Ao meu Orientador de Mestrado, Professor Fernando Braz Tangerino Hernandez, pela sua paciência e compreensão, pelos conselhos e pelo compartilhamento de seu precioso conhecimento.

Aos meus amigos integrantes e ex-integrantes da equipe do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira, Vanzela, Ronaldo, Paulo, Elton, Celso e Renato, pelo companheirismo.

Aos Professores da UNESP de Ilha Solteira, Maurício Augusto Leite, Tsunao Matsumoto, José Augusto de Lollo, Milton Dall'Aglia Sobrinho, Sérgio Luís de Carvalho, e Humberto Carlos Ruggeri Júnior, pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos de sala de aula no mestrado, Tarso, Alexandre, Alessandra, Emerson, Wagner e Fernando.

Aos professores da UNESP de Bauru, Adílson Renóbio, Antonio Carlos Rigitano, Carlos Eduardo Javaroni, Cláudio Vidrih Ferreira, Eliane Viviani, Heitor Miranda Bottura, Jorge Akutso, Jorge Hamada, Newton Carlos Pereira Ferro, Obede Borges Faria, Paulo Sérgio dos Santos Bastos, Rita Aparecida David, Rudney C. Queiroz e Sergio Silva Macedo, pela amizade, respeito e por todos os ensinamentos em minha graduação.

Aos colaboradores e amigos da SABESP de Presidente Prudente e Regente Feijó, Antero, Cícero, Augusto, João Francisco, Regina, Amélia, Paulão e Marcinha.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| AGRADECIMENTO.....   | 2  |
| SUMÁRIO.....   | 3  |
| LISTA DE FIGURAS .....   | 6  |
| LISTA DE QUADROS E TABELAS.....  | 10 |
| RESUMO.....  | 12 |
| ABSTRACT .....   | 14 |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 15 |
| 2. OBJETIVO.....   | 19 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....   | 20 |
| 3.1. CICLO HIDROLÓGICO .....   | 20 |
| 3.2. BACIA HIDROGRÁFICA .....  | 21 |
| 3.3. ÁGUA E POLUIÇÃO.....  | 22 |
| 3.4. ESGOTO DOMÉSTICO.....   | 24 |
| 3.5. EROÇÃO E HIDROSSEDIMENTOLOGIA.....                                | 25 |
| 3.6. MECANISMOS DE AUTODEPURAÇÃO DO ECOSISTEMA .....                   | 26 |
| 3.7. ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO.....                                       | 27 |
| 3.8. TRATAMENTO DE ESGOTO ORGÂNICO .....                               | 28 |
| 3.9. TRATAMENTO DE ESGOTOS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO .....            | 29 |
| 3.10. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS - IQA .....                        | 30 |
| 3.11. Resolução CONAMA 357/05 .....                                    | 34 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 36 |
| 4.1. ÁREA DE ESTUDO.....   | 36 |
| 4.2. CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS.....                             | 38 |
| 4.3. COLETA DE CAMPO.....  | 38 |
| 4.3.1. Pontos de Coleta da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ..... | 38 |
| 4.3.1.1. Ponto 1 ETE (Esgoto Bruto) .....                              | 39 |
| 4.3.1.2. Ponto 2 ETE (Efluente Final).....                             | 40 |
| 4.3.2. Pontos de Coleta do Córrego Água da Bomba e Afluentes.....      | 40 |
| 4.3.2.1. Ponto 1 (Montante).....                                       | 42 |
| 4.3.2.2. Ponto 2 (Córrego Sem Nome) .....                              | 43 |
| 4.3.2.3. Ponto 3 (Jusante) .....                                       | 45 |
| 4.3.2.4. Ponto 4 (Córrego do Laticínio) .....                          | 46 |
| 4.3.2.5. Ponto 5 (Ponte) .....   | 48 |
| 4.4. SISTEMA ETE E CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA.....                          | 50 |
| 4.5. PRECIPITAÇÃO E VAZÃO .....  | 51 |
| 4.6. ENSAIOS LABORATORIAIS.....  | 51 |
| 4.6.1. Sólidos.....  | 52 |
| 4.6.1.1. Sólidos Totais.....   | 52 |
| 4.6.1.2. Sólidos em Suspensão.....                                     | 53 |
| 4.6.1.3. Sólidos Dissolvidos.....                                      | 54 |
| 4.6.1.4. Descarga Sólida Total .....                                   | 54 |
| 4.6.2. Parâmetros Físicos .....  | 54 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.6.2.1. Temperatura.....                                  | 54  |
| 4.6.2.2. Turbidez .....                                    | 55  |
| 4.6.3. Parâmetros Químicos.....                            | 55  |
| 4.6.3.1. Potencial Hidrogeniônico (pH).....                | 55  |
| 4.6.3.2. Nitrogênio Total .....                            | 56  |
| 4.6.3.3. Fósforo Total .....                               | 56  |
| 4.6.3.4. Oxigênio Dissolvido (OD) .....                    | 57  |
| 4.6.3.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....         | 57  |
| 4.6.3.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....           | 58  |
| 4.6.4. Parâmetros Biológicos.....                          | 58  |
| 4.6.4.1. Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i> ..... | 58  |
| 4.7. ANÁLISE DE RESULTADOS .....                           | 59  |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                             | 61  |
| 5.1. VAZÃO .....   | 61  |
| 5.2. SÓLIDOS .....   | 64  |
| 5.2.1. Sólidos Totais.....                                 | 64  |
| 5.2.1.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 64  |
| 5.2.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 66  |
| 5.2.2. Sólidos em Suspensão.....                           | 71  |
| 5.2.2.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 71  |
| 5.2.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 74  |
| 5.2.3. Sólidos Dissolvidos.....                            | 78  |
| 5.2.3.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 79  |
| 5.2.3.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 82  |
| 5.2.4. Descarga Sólida Total .....                         | 85  |
| 5.3. PARÂMETROS FÍSICOS .....                              | 91  |
| 5.3.1. Temperatura.....                                    | 91  |
| 5.3.2. Turbidez .....                                      | 93  |
| 5.3.2.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 93  |
| 5.3.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 96  |
| 5.4. PARÂMETROS QUÍMICOS .....                             | 99  |
| 5.4.1. Potencial Hidrogeniônico (pH).....                  | 99  |
| 5.4.1.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 99  |
| 5.4.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 101 |
| 5.4.2. Nitrogênio Total .....                              | 103 |
| 5.4.2.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 104 |
| 5.4.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 106 |
| 5.4.3. Fósforo Total .....                                 | 110 |
| 5.4.3.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 110 |
| 5.4.3.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 113 |
| 5.4.4. Oxigênio Dissolvido.....                            | 116 |
| 5.4.4.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 117 |
| 5.4.4.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 119 |
| 5.4.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....           | 123 |
| 5.4.5.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 124 |
| 5.4.5.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 126 |
| 5.4.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....             | 129 |
| 5.4.6.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 130 |
| 5.4.6.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 132 |
| 5.5. PARÂMETROS BIOLÓGICOS .....                           | 134 |
| 5.5.1. Coliformes Fecais.....                              | 135 |
| 5.5.1.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 135 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.5.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 136 |
| 5.5.2. Coliformes Totais .....                             | 139 |
| 5.5.2.1. Pontos de amostragem da ETE .....                 | 139 |
| 5.5.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais.....          | 140 |
| 5.6. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) .....             | 142 |
| 6. CONCLUSÕES .....  | 147 |
| 6.1. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) .....           | 147 |
| 6.2. MANANCIAS DA MICROBACIA DO CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA..... | 147 |
| 7. BIBLIOGRAFIA .....                                      | 149 |
| ANEXOS .....   | 153 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1. Ciclo Hidrológico. Fonte: Heat (s.d.) apud CETESB (2005).....   | 21 |
| FIGURA 2. Curvas de variação dos parâmetros do IQA. Fonte: CETESB (2005) ....   | 31 |
| FIGURA 2. Continuação.....  | 32 |
| FIGURA 3. Localização da bacia experimental do Córrego Água da Bomba. Fonte: adaptado de MENEGUETTE (2001). ....  | 37 |
| FIGURA 4. Imagem de satélite da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Fonte: adaptado de EMBRAPA (2005).....   | 38 |
| FIGURA 5. Foto aérea da ETE Regente Feijó. ....   | 39 |
| FIGURA 6. Ponto 1 ETE (esgoto bruto). ....  | 39 |
| FIGURA 7 - Ponto 2 ETE (Efluente Final). ....   | 40 |
| FIGURA 8. Imagem dos pontos de coleta na microbacia do Córrego Água da Bomba e dos pontos de lançamento da ETE (Saídas 1 e 2). ....   | 41 |
| FIGURA 9. Ponto 1 (Montante). ....  | 42 |
| FIGURA 10. Área de Drenagem do Ponto 1 (Montante) .....   | 42 |
| FIGURA 11. Foto do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e foto da confluência dos Córregos Água da Bomba (água mais clara) e Sem Nome (água mais avermelhada), respectivamente. ....  | 44 |
| FIGURA 12. Área de Drenagem do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) .....   | 44 |
| FIGURA 13. Foto do lançamento seguida de foto do Ponto 3 (Jusante).....   | 45 |
| FIGURA 14. Área de Drenagem do Ponto 3 (Jusante) .....  | 46 |
| FIGURA 15. Foto da entrada do Laticínio seguida de foto do deságüe do Córrego do Laticínio no Córrego Água da Bomba .....   | 47 |
| FIGURA 16. Área de Drenagem do Ponto 4 (Córrego do Laticínio) .....   | 47 |
| FIGURA 17. Foto do Ponto 5 (Ponte).....   | 49 |
| FIGURA 18. Detalhe de erosão e assoreamento, solo desprotegido, Ponto 5 (Ponte). ....   | 49 |
| FIGURA 19. Área de Drenagem do Ponto 5 (Ponte).....   | 49 |
| FIGURA 20. Ilustração explicativa de um gráfico bloxplot elaborado pelo software estatístico SPSS for Windows 11.5. Fonte: VANZELA (2004). ....   | 59 |
| FIGURA 21. Variação espacial e temporal da vazão nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio e precipitação mensal entre 21 de setembro de 2004 e 18 de junho de 2005. .... | 62 |
| FIGURA 22. Distribuição dos valores de vazão nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes, entre os períodos, seco e chuvoso. ....   | 63 |
| FIGURA 23. Variação espacial e temporal de Sólidos Totais nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 64 |
| FIGURA 24. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso. ....   | 65 |
| FIGURA 25. Variação espacial e temporal de sólidos totais nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....   | 68 |
| FIGURA 26. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.....                               | 69 |
| FIGURA 27. Curva de Sólidos Totais para o IQA.....  | 70 |
| FIGURA 28. Variação espacial e temporal de Sólidos Suspensos nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 73 |



|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 29. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso. ....  | 74  |
| FIGURA 30. Variação espacial e temporal de Sólidos em Suspensão nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                      | 76  |
| FIGURA 31. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso. .... | 78  |
| FIGURA 32. Variação espacial e temporal de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 79  |
| FIGURA 33. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso. ....  | 81  |
| FIGURA 34. Variação espacial e temporal de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                       | 83  |
| FIGURA 35. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso. ....   | 85  |
| FIGURA 36. Variação espacial e temporal de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                       | 86  |
| FIGURA 37. Distribuição dos resultados de Descarga Sólida nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso. ....                       | 87  |
| FIGURA 38. Curva chave de sedimentos do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba). ....   | 89  |
| FIGURA 39. Curva chave de sedimentos do Ponto 2 (Córrego Sem Nome). ....   | 89  |
| FIGURA 40. Curva chave de sedimentos do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). ....  | 90  |
| FIGURA 41. Curva chave de sedimentos do Ponto 4 (Córrego do Laticínio). ....   | 90  |
| FIGURA 42. Curva chave de sedimentos do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba). ....  | 90  |
| FIGURA 43. Variação espacial e temporal da Temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                               | 92  |
| FIGURA 44. Distribuição dos resultados da Temperatura nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso. ....                           | 93  |
| FIGURA 45. Variação espacial e temporal de Turbidez nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 95  |
| FIGURA 46. Distribuição dos resultados da Turbidez nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso. ....  | 95  |
| FIGURA 47. Variação espacial e temporal da Turbidez nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                                  | 97  |
| FIGURA 48. Distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso. ....                              | 98  |
| FIGURA 49. Variação espacial e temporal do pH nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 100 |
| FIGURA 50. Distribuição dos resultados do pH nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso. ....  | 101 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 51. Variação espacial e temporal do pH nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.....                                   | 102 |
| FIGURA 52. Distribuição dos resultados do pH nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.....                               | 103 |
| FIGURA 53. Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem da ETE.....   | 105 |
| FIGURA 54. Distribuição dos resultados de concentração de Nitrogênio Total nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.....   | 106 |
| FIGURA 55. Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.....     | 107 |
| FIGURA 56. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso..... | 109 |
| FIGURA 57. Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem da ETE.....  | 111 |
| FIGURA 58. Distribuição dos resultados de concentração de Fósforo Total nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.....  | 112 |
| FIGURA 59. Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.....        | 114 |
| FIGURA 60. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso..... | 116 |
| FIGURA 61. Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 117 |
| FIGURA 62. Distribuição dos resultados de concentração de OD nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.....   | 119 |
| FIGURA 63. Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                  | 119 |
| FIGURA 64. Distribuição dos resultados da concentração de OD nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.....               | 122 |
| FIGURA 65. Variação espacial e temporal de DBO nos pontos da ETE.....  | 124 |
| FIGURA 66. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.....  | 125 |
| FIGURA 67. Variação espacial e temporal de DBO nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.....  | 126 |
| FIGURA 68. Distribuição dos resultados de DBO na água dos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes entre os períodos, seco e chuvoso. ....  | 128 |
| FIGURA 69. Variação espacial e temporal de DQO nos pontos da ETE. ....   | 130 |
| FIGURA 70. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.....  | 131 |
| FIGURA 71. Variação espacial e temporal de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes. ....   | 133 |
| FIGURA 72. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.....              | 134 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 73. Variação espacial e temporal de <i>Escherichia coli</i> nos pontos da ETE.   | 135 |
| FIGURA 74. Distribuição dos resultados de <i>Escherichia coli</i> nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.   | 136 |
| FIGURA 75. Variação espacial e temporal de <i>Escherichia coli</i> nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.   | 137 |
| FIGURA 76. Distribuição dos resultados de <i>Escherichia coli</i> nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso. | 138 |
| FIGURA 77. Variação espacial e temporal de Coliformes Totais nos pontos da ETE.   | 139 |
| FIGURA 78. Distribuição dos resultados de Coliformes Totais nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.   | 140 |
| FIGURA 79. Variação espacial e temporal de <i>Escherichia coli</i> nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.   | 141 |
| FIGURA 80. Distribuição dos resultados de Coliformes Totais nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.       | 142 |
| FIGURA 81. Variação espacial e temporal de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.   | 144 |
| FIGURA 82. Distribuição dos resultados de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.                     | 146 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - Escala da qualidade da água indicada pelo IQA .....   | 33 |
| QUADRO 1. Distâncias entre pontos de coletas, pontos de descarga da ETE e deságües no Córrego Água da Bomba. ....  | 41 |
| QUADRO 2. Características Fisiográficas do Ponto 1 (Montante) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.....  | 43 |
| Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos.....  | 43 |
| QUADRO 3. Características Fisiográficas do Ponto 2 (Córrego Sem Nome), determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.....   | 45 |
| QUADRO 4. Características Fisiográficas do Ponto 3 (Jusante) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.....   | 46 |
| QUADRO 5. Características Fisiográficas do Ponto 4 (Córrego do Laticínio), determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.....   | 48 |
| QUADRO 6. Características Fisiográficas do Ponto 5 (Ponte) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.....   | 50 |
| QUADRO 7. Parâmetros para determinação da qualidade da água. ....  | 52 |
| QUADRO 8. Vazão mínima, máxima e média nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio e precipitação acumulada mensal entre 21 de setembro de 2004 e 18 de junho de 2005 nos pontos de monitoramento. ....                                      | 62 |
| QUADRO 9. Resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 65 |
| QUADRO 10. Resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....  | 69 |
| QUADRO 11. Valores médios dos pontos de amostragem, valor ideal e de pior condição de concentração de sólidos totais para determinação do IQA. Valores de $q_{SÓLIDOS\ TOTAIS}$ determinados através do gráfico da Figura 26, e porcentagem do valor de $q_{SÓLIDOS\ TOTAIS}$ em relação ao valor ideal..... | 70 |
| QUADRO 12. Resultados de Concentração de Sólidos Suspensos nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 73 |
| QUADRO 13. Resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....  | 77 |
| QUADRO 14. Composição das concentrações médias dos sólidos totais nos pontos de amostragem da ETE.....   | 80 |
| QUADRO 15. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 80 |
| QUADRO 16. Composição das concentrações médias dos sólidos totais nos pontos de amostragem dos pontos de amostragem dos mananciais. ....   | 84 |
| QUADRO 17. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....   | 84 |
| QUADRO 18. Distribuição dos resultados de descarga sólida total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....  | 87 |
| TABELA 2. Perdas de solo associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo....   | 88 |

|  |     |
|--|-----|
| QUADRO 19. Distribuição dos resultados de temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                      | 92  |
| QUADRO 20. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 95  |
| QUADRO 21. Distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                         | 98  |
| QUADRO 22. Resultados de pH nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 100 |
| QUADRO 23. Distribuição dos resultados do pH nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....                               | 103 |
| QUADRO 24. Resultados de concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 105 |
| QUADRO 25. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. .... | 108 |
| QUADRO 26. Resultados de concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem da ETE. ....   | 112 |
| QUADRO 27. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. .... | 115 |
| QUADRO 28. Resultados de concentração de OD nos pontos de amostragem da ETE. ....  | 118 |
| QUADRO 29. Distribuição dos resultados da concentração de OD nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. ....               | 121 |
| QUADRO 30. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos da ETE. ....  | 125 |
| QUADRO 31. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes. ....  | 127 |
| QUADRO 32. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos da ETE. ....  | 131 |
| QUADRO 33. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes. ....  | 133 |
| QUADRO 34. Distribuição de <i>Escherichia coli</i> nos pontos da ETE. ....   | 136 |
| QUADRO 35. Distribuição dos resultados de <i>Escherichia coli</i> nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes. ....  | 138 |
| QUADRO 36. Distribuição dos resultados de Coliformes Fecais nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes. ....  | 141 |
| QUADRO 37. Distribuição dos resultados de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes. ....  | 145 |

## RESUMO

A Microbacia do Córrego Água da bomba está localizada no município de Regente Feijó, Estado de São Paulo, nela inserida as zonas rural e urbana, que devido às erosões e lançamentos de águas residuárias degradam o ambiente, resultando em assoreamento dos mananciais e decréscimo de qualidade da água. Este é o preço pelo qual o Córrego Água da Bomba, assim como muitos outros mananciais, vêm pagando devido ao desenvolvimento econômico de algumas populações despreocupadas com o ambiente.

Este trabalho diagnostica as condições de qualidade da água do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, mananciais que recebem despejos da estação de tratamento de esgotos (ETE), constituída por uma lagoa anaeróbia seguida por outra facultativa, através de determinações mensais entre 21/09/04 e 18/06/05 em 2 pontos de coleta na ETE e 5 pontos de coleta nos mananciais.

Em cada local de amostragem foram determinados *Escherichia coli*, coliformes totais, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido, calculando-se também o IQA (índice de Qualidade das Águas). Esses dados serviram de base para propostas de melhorias na ETE e na microbacia, visando minimizar a degradação ambiental.

Entre os pontos de avaliação há uma distância de 2,5 km de curso d'água, onde ocorre aumento médio de 25% da concentração de sólidos totais, passando de 173,5mg/L para 230,6mg/L, sendo registrada a vazão máxima de 1.093L/s no ponto mais à jusante, tendo neste ponto média de 39.277 NMP/100mL de *Escherichia coli*. Entretanto, mesmo mantendo um nível alto de concentração de *Escherichia coli* e de sólidos, o Córrego Água da Bomba apresenta uma autodepuração média de 67% da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e em alguns pontos a concentração de oxigênio dissolvido atinge até 100% da saturação.

A degradação da Microbacia do Córrego Água da Bomba é visível, mas a autodepuração do manancial permanece ativa e este trabalho mostra o entrave entre a poluição e a autodepuração do Córrego Água da Bomba.

## ABSTRACT

*The Água da Bomba Creek's Watershed is located in the Regente Feijó city, São Paulo State, which present agricultural and urban zones, that due to the erosions and wasted water discharges degrade the environment, resulting in rivers deposit and decrease of quality of the water. This is the price for which the Água da Bomba Creek's Watershed, as well as many other sources, comes paying due to the economic-society development of some populations not worried with the environ.*

*This work diagnosis quality conditions of the Água da Bomba Creek and its tributaries, Sem Nome Creek and Laticínio Creek, sources that receive discharges of the Wasted Water Treatment Plant (WWTP), constituted by pounds, through monthly determination between 21/09/04 and 18/06/05 in 2 sample points in the WWTP and 5 sample points in the sources.*

*In each sample point was determined Escherichia coli, total coliforms, biochemist oxygen demand, chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus, temperature, turbidez, total solids, suspended solids, dissolved solids and dissolved oxygen, calculating also the WQI (Water Quality Index). These data served for improvements proposals base in WWTP and in watershed, aiming minimize the environmental degradation.*

*Among sample points there is 2.5 km along the water course, where it occurs total solid concentration average increase of 25%, varying from 173.5mg/L to 230.6mg/L, registering 1,093L/s of maxim flow at the last point of downstream, showing 39,277 NMP/100mL Escherichia coli average. However, even keeping a high level of concentration of Escherichia coli and of solid, water Stream of the Bomb introduces an average of 67% of BOD (Biochemtry Oxygen Demand) and in some points the concentration of dissolved oxygen reaches up to 100% of the saturation.*

*Água da Bomba Creek Watershed degradation is visible, but the autodepuration creek remains active and this work shows the quarrel between pollution and autodepuration of Água da Bomba Creek.*



## 1. INTRODUÇÃO

A água é o componente mais abundante das células, funcionando como solvente dos íons minerais e de muitas substâncias orgânicas celulares. Calcula-se que nos mamíferos uma desidratação de mais de 10% já é fatal (SILVA JR. e SASSOM, 1990), todavia o homem não tem dado o valor apropriado a este bem. Tal descaso pode ser associado ao anseio de desenvolvimento econômico e busca infundável de conforto pelas comunidades humanas emergentes.

Os desenvolvimentos industrial e tecnológico, aliados ao crescimento urbano e populacional desordenado, implicaram no aumento do consumo de recursos naturais. Com isto, as cidades passaram a lançar grandes quantidades de resíduos nos mananciais.

Os aglomeramentos urbanos também geraram grandes demandas de matérias primas a serem supridas pelos produtores rurais e por isto as florestas deram lugar aos pastos e plantações, gerando um desequilíbrio no processo erosivo natural que segundo SCHULZ et al. (2003) anualmente uma pastagem perde 400 kg de solo por hectare, enquanto um algodão perde 24.800 kg de solo por hectare e uma área crítica (estrada) chega a perder 175.000 kg de solo por hectare. Através destes números tem-se uma idéia da influência antrópica nos processos erosivos e conseqüentemente na aceleração dos processos de assoreamento dos rios.

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

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

Visando disciplinar e proteger os recursos hídricos, os Governos Federal e Estaduais têm aprovado leis bem elaboradas, em prol da preservação ambiental, destacando-se o Estado de São Paulo, que mesmo sendo o maior poluidor potencial do Brasil (Estado de maior população e industrialização), estabelece leis bastante específicas para os recursos hídricos. O destaque fica em função de ter sido o estado pioneiro na legislação específica com a aprovação da Lei 7.663/1991 estabelecendo normas de Orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos que foi precursor da chamada Lei das Águas que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Lei das Águas estabeleceu como instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: (i) os Planos de Recursos Hídricos; (ii) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; (iii) a Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; (iv) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; (v) a compensação à municípios; (vi) o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

O Monitoramento sistemático de um manancial também está previsto em legislação específica. De acordo com o Artigo 14 da Lei 9.034/94 do Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (DAEE, 2002), quando uma microbacia for considerada crítica deverá haver gerenciamento especial que levará em conta: (i) o monitoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas e de lançamento de efluentes; (ii) a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelas entidades estaduais de gestão dos recursos hídricos, para o estabelecimento, em comum acordo, de regras de operação das captações e lançamentos; (iii) a obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso de recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga.

Assim este trabalho, que se propõe a diagnosticar e monitorar mananciais em uma microbacia está em sintonia com o que está previsto em nossa legislação, ainda que sabe-se que uma lei não é auto-suficiente, exige fiscalização e conscientização, pontos onde a ação das instituições governamentais vem mostrando-se ineficiente.

A própria sociedade clama por medidas mais incisivas que levem à preservação dos mananciais, tanto em qualidade da água como na manutenção da piscosidade destes. Pois enquanto em alguns países a água proveniente dos esgotos domésticos é

quase que totalmente reutilizada, no Brasil essa tendência ainda encontra barreiras devido ao costumeiro desperdício de água, próprio da falsa idéia de abundância de água no país. Com isso, nem as águas residuárias tratadas são reutilizadas, sendo despejadas nos mananciais.

Deste modo o impacto ambiental causado pelo lançamento de efluentes nos rios assume grande vulto. De acordo com a CETESB (2003), no ano de 2002 a situação da qualidade dos corpos d'água no Estado São Paulo apresentou-se ruim e péssima para o abastecimento público em 27% dos pontos avaliados e para a vida aquática em 36% dos pontos avaliados. Já no ano de 2003, dados indicaram que a degradação vem aumentando nos cursos d'água avaliados em relação ao ano anterior, pois os pontos de coleta apresentaram qualidade péssima ou ruim no índice de abastecimento público em 32% dos pontos e no índice de vida aquática em 37% dos pontos. Sendo que o maior problema de poluição dos recursos hídricos no Estado de São Paulo é o lançamento de esgoto doméstico (CETESB, 2004).

O lançamento de águas residuárias contamina a ictiofauna, ocasiona a mortandade de peixes e o aumento de custos de tratamento de água para o uso potável. Considerando essa realidade, é importante adotar medidas que solucionem ou minimizem o problema relatado (CARARO, 2004).

Objetivando minimizar os efeitos da poluição, muitas empresas de saneamento básico e autarquias municipais têm investido na implantação das chamadas estações de tratamento de esgoto (ETEs) que podem ter projetos e métodos de construções concebidos de diferentes formas, resultando em variações de eficiência do tratamento das águas residuárias, comprometendo mais ou menos os diversos mananciais receptores dos efluentes finais. A eficiência de uma ETE é resultado, portanto, do detalhe construtivo e também da forma como ela é operada.

Isto posto, nos municípios que compõem a região de Presidente Prudente, oeste paulista, há a predominância do modelo de tratamento de esgoto por lagoa de estabilização, como é o caso do município de Regente Feijó. A opção por este tipo de tratamento se deve à facilidade de operação, baixo custo operacional e boa eficiência de tratamento em pequenas comunidades, porque este esgoto se caracteriza por ser orgânico, ao contrário de cidades populosas, onde a carga química é mais pronunciada, devido à industrialização.

Apesar de VON SPERLING (1996b) afirmar que de maneira geral, as lagoas de estabilização são bastante indicadas para as condições brasileiras, devido à suficiente disponibilidade de área em um grande número de localidades, clima

favorável, ser de operação simples e de haver a necessidade de poucos ou nenhum equipamento, muitas destas estações não têm apresentado um rendimento aceitável e desta maneira, apesar de investimentos, o manancial hídrico pode estar sendo comprometido.

Assim, o estudo da eficiência das ETEs e a avaliação do impacto ambiental do lançamento de seu efluente final em um corpo d'água, proporciona condições de se formular propostas de adequação de operação das ETEs e soluções que impliquem na diminuição do impacto ambiental causado.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a formação de recursos humanos qualificados sobre o tema, dada a escassez de estudos sobre o assunto e a divulgação dos resultados permitirá que estes sejam utilizados como parâmetros para investidores e projetistas de estações de tratamento de esgoto, técnicos de eficiência e ambientais, além de fornecer os dados técnicos do monitoramento sistemático de vazão e qualidade da água que podem ser incorporados ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Assim, neste trabalho realizaram-se estudos hidrológicos na microbacia hidrográfica do Córrego Água da Bomba, análises sistemáticas de vazão e qualidade da água, determinando-se o IQA (índice de qualidade das águas), em cinco pontos de três corpos d'água, o rendimento e influência da ETE do Município de Regente Feijó de setembro de 2004 a junho de 2005, além da descarga sólida e da capacidade autodepuração do curso d'água e diagnosticar o impacto ambiental que o meio aquático vem sofrendo.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo geral deste trabalho foi a formação de recursos humanos especializados, diagnosticar através de amostragem periódica a qualidade da água, verificando a influência do lançamento de efluentes urbanos provenientes da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE ao longo do manancial.

Como objetivos específicos este trabalho avaliou ao longo de 10 meses a influência da precipitação sobre a vazão e os parâmetros de qualidade da água, sintetizados no Índice de Qualidade das Águas, na capacidade de autodepuração do manancial e a descarga sólida resultado de processos erosivos do solo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CICLO HIDROLÓGICO

A água pode ser encontrada em estado líquido, sólido ou gasoso, nos mares, nos rios e lagos, na atmosfera, armazenada no solo ou em rochas. Enfim, a água está presente nos mais diversificados ambientes em diferentes formas físicas, numa dinâmica denominada ciclo hidrológico, que depende de fatores climáticos, de relevo, geologia, vegetação e ocupação do solo (atividades antrópicas).

Segundo CETESB (2005), o ciclo hidrológico é responsável pela renovação da água no planeta. O ciclo da água inicia-se com a energia solar, incidente no planeta Terra, que é responsável pela evaporação das águas dos rios, reservatórios e mares, bem como pela transpiração das plantas.

As forças da natureza são responsáveis pelo ciclo da água. O vapor d'água forma as nuvens, cuja movimentação sofre influência do movimento de rotação da Terra e das correntes atmosféricas. A condensação do vapor d'água forma as chuvas. Quando a água das chuvas atinge o solo, ocorrem dois fenômenos importantes para o abastecimento dos mananciais: um deles consiste no seu escoamento superficial em direção dos canais de menor declividade, alimentando diretamente os rios e o outro, a infiltração no solo, alimentando os lençóis subterrâneos. A água dos rios tem como destino final os mares e, assim, fechando o ciclo das águas (CETESB, 2005). A movimentação da água na natureza é mostrada na Figura 1.

Desta forma, CASTRO et al (2000) apud POLETO (2003) afirma que o ciclo hidrológico assume participação significativa no que diz respeito ao transporte de poluentes, quer em áreas específicas, quer em grandes regiões e até mesmo em caráter que envolve a Terra em um sistema. Nota-se que o ciclo contínuo - precipitação, infiltração ou escoamento, evapotranspiração, evaporação, etc - permite que a água, que é considerada um solvente universal, arraste consigo uma série muito diversa de sólidos, organismos, líquidos e gases, transportando esses contaminantes para locais diferentes daqueles de sua origem. Essa movimentação

da água e as propriedades físico-químicas da mesma ocupam parte importante em qualquer estudo que envolva poluição do solo, da água e do ar.

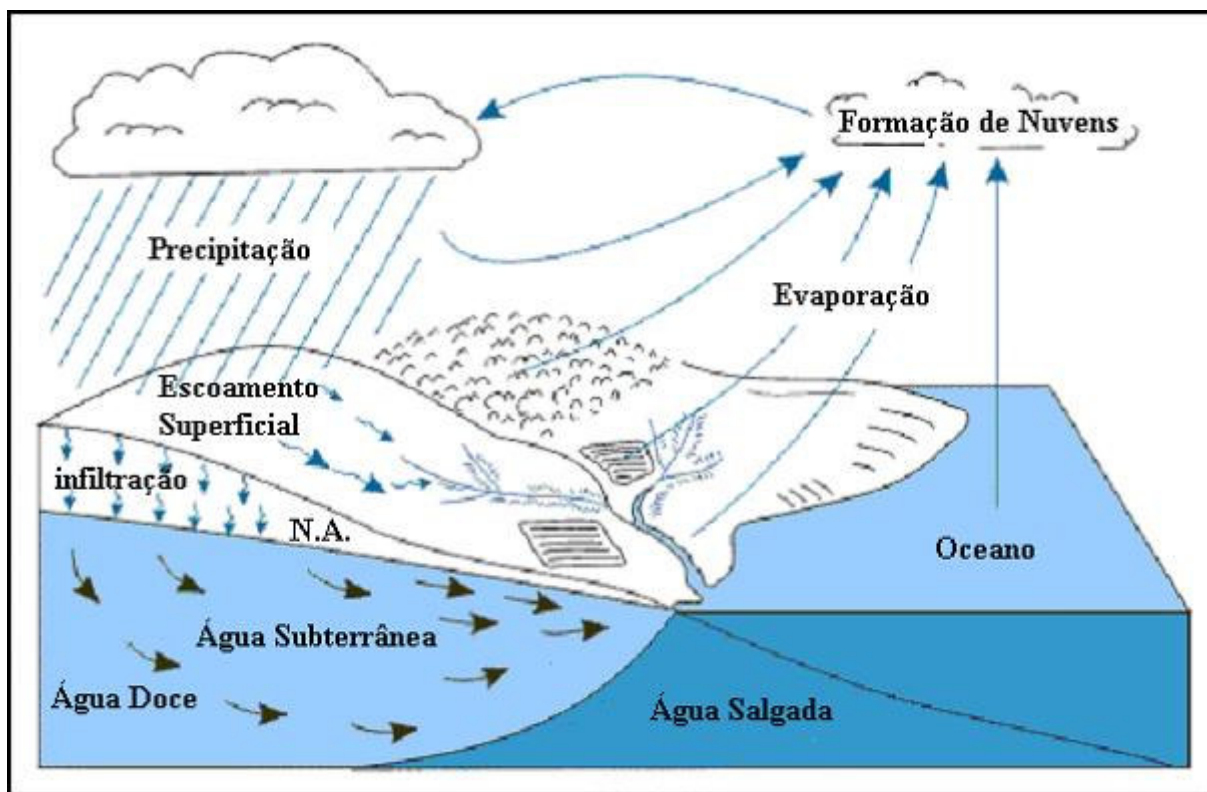


FIGURA 1. Ciclo Hidrológico. Fonte: adaptado de CETESB (2005).

### 3.2. BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo RAMOS (1989) apud VANZELA (2004), uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, uma área composta de um inter-relacionado sistema de drenagem natural, onde o movimento de água superficial influi todos os usos da água e do solo existentes na localidade.

Deste modo, percebe-se que o leito principal de uma bacia hidrográfica é afetado por toda a ocupação do solo e por quaisquer poluentes despejados nos recursos hídricos da área de drenagem. Portanto, grande parte dos poluentes despejados nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica convergirá para o seu curso d'água principal. Porém, não apenas agentes poluentes são os únicos agravantes na degradação das bacias, o assoreamento devido às erosões também tem sido um grande problema, influenciando na vazão dos rios e conseqüentemente na qualidade das águas. Tal problema é originário da degradação do solo, que ocorre

principalmente devido à agricultura aplicada sem preocupação com a conservação do solo e ao desmatamento excessivo.

LIMA & ZAKIA (2000) afirmam que a destruição da mata ciliar pode, a médio e longo prazo, pela degradação da zona ripária, diminuir a capacidade de armazenamento de água da microbacia e conseqüentemente a vazão diminuir na estação seca.

Como a variação da qualidade da água é influenciada pela vazão do manancial e a amplitude da variação da vazão ao longo do tempo é função da quantidade de matas ainda presentes na bacia hidrográfica e do uso de técnicas de conservação de solo, que definirão após as chuvas qual o tipo de escoamento será preponderante - superficial ou de base - estudos sistemáticos destes eventos são fundamentais, pois sabe-se que todo o ecossistema de uma bacia hidrográfica está interligado e que os leitos principais, rios e córregos, funcionam como caminhos de escoamento da área de contribuição. Dada essa importância hidrológica e por serem de extremo valor à vida, os mananciais devem inspirar maiores cuidados à população humana, pois a situação de poluição e disponibilidade de água dos mananciais é cada vez mais preocupante.

### 3.3. ÁGUA E POLUIÇÃO

Segundo TUCCI (2001), a água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento social-econômico das nações. Trata-se de um recurso natural renovável que pode tornar-se escasso com o crescimento das populações, das indústrias e da agricultura. E o problema da escassez se mostra ainda mais agravante devido à disponibilidade da água para consumo, pois SABESP (2005a) afirma que a disponibilidade de água no planeta Terra é de 97,3% de águas salgadas (mares e oceanos) e apenas 2,7% de águas doces - as apropriadas para consumo humano.

A água doce, que interessa diretamente ao seres humanos, é distribuída da seguinte forma: 0,01% nos rios, 0,35% nos lagos e pântanos e 2,34% nos pólos, geleiras e icebergs (SABESP, 2005a). Daí verifica-se a necessidade de se valorizar a água como um bem precioso.

Além da importância vital da água e do seu preciosismo, MOTA (1995) afirma que o crescimento populacional, acompanhado do grande desenvolvimento



industrial e de outras atividades humanas resultaram em maior utilização dos recursos hídricos, tornando fundamental a qualidade destes para o uso.

Entretanto, mesmo aumentando-se a necessidade de se ter água com alta qualidade para suprir a demanda exigente das indústrias e das concentrações humanas, MOTA (1995) diz que quase todos os usos que o ser humano faz dos recursos hídricos acabam gerando resíduos, que por sua vez voltam para os recursos hídricos como poluentes. Desta maneira, algumas atividades modificam a qualidade dos recursos hídricos, ocasionando prejuízos a outras. Portanto, a manutenção da qualidade da água necessária a um ou mais usos de determinado recurso hídrico é a meta a ser alcançada em qualquer projeto que vise o seu aproveitamento.

A água pura praticamente inexiste na natureza. Ela pode conter impurezas em maior ou menor grau, dependendo do uso que se faz e da procedência do recurso hídrico (MOTA, 1995).

Alguns compostos químicos são de suma importância para a fisiologia dos seres humanos. Entretanto, para outras utilizações como a irrigação, a preservação da flora e o uso pastoril, é necessário que a água tenha outros constituintes indispensáveis a estes usos. Contudo, as impurezas presentes na água podem alcançar valores elevados, causando malefícios ao homem e ao meio, prejudicando o seu uso. Assim, estas impurezas precisam ser limitadas em função do que se destina a água (MOTA, 1995).

Além das impurezas, há também a existência de seres patogênicos, que podem utilizar-se da água como meio de transmissão de doenças ao homem. São as chamadas “doenças de veiculação hídrica”. A água também pode veicular doenças por meio de dejetos, poluentes químicos e radioativos presentes nos esgotos industriais ou em outros resíduos (MOTA, 1995).

De acordo com BRAGA et al. (2002), a alteração da qualidade da água pode ter características de poluição ou especificamente de contaminação.

A poluição da água é a alteração de suas características. Na sua origem, o vocábulo, está associado a manchar, o que demonstra a conotação estética dada à poluição quando esta passou a ser percebida. Entretanto, a alteração da qualidade da água não está somente ligada a aspectos estéticos, já que a água de aparência satisfatória para um determinado uso pode conter microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas para determinadas espécies, e águas com aspecto

desagradável podem ter determinados usos. A noção de poluição deve estar associada ao uso que se faz da água.

É importante distinguir poluição de contaminação, já que ambos são muitas vezes usados erroneamente como sinônimos. A contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde pela água. A ocorrência de contaminação não implica necessariamente num desequilíbrio ecológico. Pois a presença de microorganismos nocivos ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja em desequilíbrio ecológico. De maneira análoga, a ocorrência de poluição num recurso hídrico, não implica necessariamente riscos à saúde de todos os organismos que compõem a cadeia alimentar dos recursos hídricos afetados.

Segundo MOTA (1995), dentro desta visão, podemos entender a poluição de um recurso hídrico como: qualquer alteração de suas características, de modo a torná-lo prejudicial às formas de vida que ele normalmente abriga, ou que dificulte ou impeça um uso benéfico definido para ele.

Assim, contaminação é um caso particular de poluição. Uma água está contaminada quando recebeu microorganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas que possam causar malefício ao homem (MOTA, 1995).

De acordo com MOTA (1995), as principais fontes poluidoras de recursos hídricos são de origem natural, como a decomposição de vegetais, erosão das margens e salinização entre outros. De origem agropastoril tem-se o excremento de animais, pesticidas, fertilizantes e ainda de origem urbana tem-se o lançamento de esgotos domésticos e lixo, além do escoamento superficial das águas de origem pluviométrica ou ainda a água de drenagem de minas, produtora de grande impacto ambiental.

### 3.4. ESGOTO DOMÉSTICO

Segundo MOTA (1995), analisando os esgotos domésticos (ou sanitários), estes são os originários predominantemente das habitações, sendo provenientes de instalações sanitárias, lavagens de utensílios domésticos, pias, banheiros, lavagens de roupas e outros domiciliares. Tendo assim uma composição mais ou menos definida, variando em função da sua concentração (que depende do consumo de água), dos hábitos da população, do tipo de sistema de esgotamento e da natureza de outras contribuições além das domiciliares. Em média, os esgotos domiciliares

apresentam as seguintes características: Demanda bioquímica de oxigênio 5 dias - 20°C (300 mg/L), Alcalinidade em  $\text{CaCO}_3$  (120 mg/L), Cloretos (75 mg/L), Sólidos totais (500mg/L), Número de coliformes ( $10^5$  a  $10^6$  NMP/100 mL), Nitrogênio total (em torno de 10 mg/L), Sulfato (em torno de 20 mg/L) e Sabões e gorduras (em torno de 20mg/L).

### 3.5. EROSÃO E HIDROSEDIMENTOLOGIA

Além das poluições pontuais de lançamentos de esgoto, também figura como poluente dos mananciais aquáticos o solo transportado até o leito dos rios, devido a processos erosivos. De acordo com SCHULZ et al. (2003), a erosão é um problema que acompanha a humanidade desde seus primórdios.

De forma semelhante, tem-se observado que, em relação ao outro lado do ciclo sedimentológico, que é a deposição dos sedimentos (a erosão é vista como a remoção), a humanidade também tem sofrido severas conseqüências, como enchentes e assoreamentos (SCHULZ et al., 2003).

Geralmente, a causa dos danos em relação ao transporte de solo é devido ao desrespeito dos usuários da terra com a própria terra, buscando uma superexploração desta, seja com objetivos agrários ou de ocupação para fins urbanísticos (SCHULZ et al., 2003).

Embora o processo de erosão do solo ocorra mesmo em ecossistemas naturais, seu considerável aumento, que acontece em muitos sistemas agrícolas, é sempre sintoma de declínio de fertilidade do solo e de graves avarias ou destruição total de grandes áreas anteriormente férteis e aráveis (SCHULZ et al., 2003). Numa bacia hidrográfica desprovida de qualquer tipo de proteção do solo, as partículas da camada superficial do solo deslizam até os leitos dos rios e córregos, por ação das chuvas, onde se depositam causando assoreamento ou são transportados para fora da bacia pela vazão do exutório. Essa perda de sólidos da bacia pode ser denominada de descarga sólida e de acordo com SANTOS et al. (2001), está intrinsecamente interligada a fatores hidrológicos que controlam as características do regime de escoamento superficial e características das partículas que compõem as cargas de sedimentos.

Em trabalho de determinação de perda de solo por veiculação hídrica, MARTINS (2003) encontrou uma perda de solo média de  $0,07 \text{ ton há}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a condição de mata nativa e  $16,40 \text{ ton há}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . As menores perdas foram

observadas para o sistema de mata nativa, independentemente do tipo de solo e relevo, o que pode ser explicado pelos seguintes aspectos: (a) interceptação das gotas de chuva pelo dossel da mata, que possui um extrato vegetal muito diversificado, resultando em maior proteção do solo; (b) existência de uma rica camada de folhas (serapilheira); (c) maiores teores de matéria orgânica, condicionando agregados de maior estabilidade e conseqüentemente maior estruturação e maior permeabilidade.

Os valores obtidos por MARTINS (2003), percebe-se a importância da determinação da descarga sólida total na microbacias hidrográficas para se medir o impacto das ações antrópicas no uso do solo. CASSOL e LIMA (2003) preocupados com as erosões causadas pelo manejo e preparo do solo inadequados na agricultura, ao analisarem diferentes sistemas de cultivo perceberam que as taxas de perda de solo por erosão são reduzidas em torno de 90% pelo sistema sem preparo do solo em relação ao solo descoberto e ao preparo convencional com a incorporação de resíduos.

Assim, nota-se que é possível controlar a descarga sólida total e aproximá-la o máximo possível das condições naturais, entretanto infelizmente a hidrossedimentologia vem sendo costumeiramente associada ao termo erosão. As erosões têm se tornado um grande agravante da degradação das microbacias e por isso devem ser tratadas com tanta importância tal qual o despejo de efluentes nos mananciais.

### 3.6. MECANISMOS DE AUTODEPURAÇÃO DO ECOSSISTEMA

Mesmo em estado de poluição, os mananciais ainda lutam pela sua sobrevivência através de mecanismos de autodepuração. Corredeiras, meandros, quedas d'água entre outras características fazem com que o manancial tenda a recuperar a qualidade de suas águas. Contudo, anteriormente ao êxodo rural, as poluições eram feitas apenas de maneira difusa e atualmente, com o aumento da populações urbanas, as poluições passaram a ter também caráter pontual e de alta concentração, dificultando a resposta dos corpos d'água em se autodepurar.

BRAGA et al. (2002) relata que os poluentes, ao atingirem os corpos de água, sofrem a ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos existentes na natureza, que alteram seu comportamento e respectivas concentrações.

Tais mecanismos geram uma autodepuração nos cursos d'água ao longo dos seus percursos. Sendo os mecanismos físicos a diluição, a ação hidrodinâmica e de turbulência, a sedimentação, a luz solar e a temperatura. Já os mecanismos bioquímicos são a decomposição e a recuperação do oxigênio dissolvido (BRAGA et al., 2002).

### 3.7. ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO

De acordo com VON SPERLING (1996) apud RACANICCHI (2002), a autodepuração é um processo que se desenvolve ao longo do tempo e considerando-se a dimensão do curso d'água receptor como predominantemente longitudinal, tem-se que os estágios da sucessão ecológica podem ser associados a zonas fisicamente identificáveis no rio, como segue (BRAGA et al., 2002):

**Região anterior ao lançamento de matéria orgânica** - em geral é uma região de águas limpas, com elevada concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior, isso se já não existir poluição anterior;

**Zona de degradação** - localiza-se à jusante do ponto de lançamento do poluente biodegradável, sendo caracterizada por uma diminuição inicial na concentração de oxigênio dissolvido, sedimentação de parte do material sólido e aspecto indesejável. Nessa região ainda existem peixes que afluem ao local em busca de alimentos, quantidade elevada de bactérias e fungos, mas poucas algas;

**Zona de decomposição ativa** - é a zona em torno da qual a concentração de oxigênio dissolvido atinge o valor mínimo, podendo inclusive tornar-se igual a zero em alguns casos. Nessa região a quantidade de bactérias e fungos diminui, havendo também uma redução ou mesmo eliminação da quantidade de organismos aeróbios;

**Zona de recuperação** - nessa zona ocorre um aumento na concentração de oxigênio dissolvido, pois os mecanismos de reaeração acabam predominando sobre os mecanismos de desoxigenação. A concentração de oxigênio pode voltar a atingir a concentração de saturação. O aspecto das águas melhora continuamente, havendo uma redução na quantidade de bactérias e fungos e um aumento na quantidade de peixes e outros organismos aeróbios. Existe uma tendência para proliferação de algas, devido a disponibilidade de nutrientes, resultante da decomposição da matéria orgânica;

**Zona de águas limpas** - é a zona na qual a água volta a apresentar condições satisfatórias com relação às concentrações de oxigênio dissolvido e DBO

e com relação à presença de organismos aeróbios. Todavia, isso não significa necessariamente que ela esteja livre de organismos patogênicos.

Além da autodepuração do curso d'água, outro fator importante para a melhoria das condições de qualidade da água é o tratamento prévio das águas residuárias lançadas no manancial. Pois o potencial poluidor do esgoto, dado pela sua DBO e pela concentração de oxigênio dissolvido são muito influentes no processo de depuração. Daí a necessidade de tratar os efluentes de esgoto.

### 3.8. TRATAMENTO DE ESGOTO ORGÂNICO

Para facilitar o processo de autodepuração dos mananciais, MOTA (1995) afirma que a medida mais eficiente de controle da poluição e de recursos hídricos é a implantação do sistema de esgoto, constando de: rede coletora, estação de tratamento e lançamento final.

Uma cidade que conta com um adequado sistema de esgoto tem os seus problemas de poluição das águas bastante reduzidos. Sendo que a estação de tratamento de esgoto, ETE, constitui a etapa do sistema de esgotamento sanitário que tem por objetivo reduzir a carga poluidora presente no líquido (MOTA, 1995).

Existem vários tipos de tratamento de esgoto. A escolha do tratamento depende dos tipos dos despejos (se de origem doméstica ou industrial), bem como dos graus de tratamento desejados, ou das características ambientais do local onde a mesma será implantada (MOTA, 1995).

De acordo com DIAS et al. (1999), o tratamento de esgotos pode causar danos ao homem e ao meio ambiente, caso não seja planejado e implantado de acordo com as recomendações técnicas pertinentes. Pois, dependendo da eficiência do sistema de tratamento implantado, o lançamento de efluentes de tratamento pode comprometer a qualidade de água do corpo receptor.

Sob este aspecto, ressalta-se que o lançamento de efluentes sanitários nos cursos d'água, assim como de qualquer carga poluidora, deve ser considerado em seus efeitos cumulativos. A análise isolada de um determinado sistema de esgotamento não é suficiente para avaliar seus efeitos sobre o curso d'água, sendo sempre necessário considerar os demais lançamentos na mesma bacia hidrográfica. Esclarece-se que os corpos receptores devem ser classificados de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (2005), e que mesmo após o lançamento dos efluentes de esgotos, estes devem manter-se de acordo com os parâmetros que identificam a sua classificação (DIAS et al., 1999).

Sendo a ETE analisada neste trabalho composta por lagoas de estabilização de esgoto (lagoa anaeróbia e lagoa facultativa), o assunto a ser tratado em seguida compreenderá somente este tipo de tratamento de esgoto.

### 3.9. TRATAMENTO DE ESGOTOS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Para DIAS et al. (1999), as lagoas de estabilização constituem um processo natural de tratamento de esgoto, indicado para regiões de clima tropical. Neste processo, a matéria orgânica é estabilizada, principalmente pela ação de bactérias.

As lagoas de estabilização são sistemas naturais de tratamento em que vários fenômenos influenciam no processo: insolação, evaporação, ventilação, precipitação pluviométrica, temperatura e fotossíntese das algas. O oxigênio do meio é introduzido a partir da superfície ou fornecido pelas algas, através do processo de fotossíntese. A insolação constitui-se um dos fatores mais importantes para este tipo de tratamento, sendo, por isso, o mesmo mais indicado para regiões como o nordeste do Brasil. A profundidade também é um parâmetro importante no funcionamento das lagoas de estabilização. Quanto mais rasas forem as mesmas, maior será a penetração dos raios solares e conseqüentemente maior será a produção de oxigênio pelas algas, favorecendo a decomposição aeróbia. As lagoas de estabilização classificam-se em (DIAS et al., 1999):

- Lagoas facultativas: onde há predominância da decomposição aeróbia da matéria orgânica; tem profundidades variando de 1,00 a 2,00 metros;
- Lagoas anaeróbias: com profundidade variando de 2,00 a 5,00 metros; predomina o processo de decomposição anaeróbia de matéria orgânica;
- Lagoa de maturação: geralmente situada após uma lagoa facultativa, com o objetivo de reduzir o número de coliformes fecais presentes no esgoto; tem profundidades semelhantes às lagoas facultativas;
- Lagoas aeradas: em que a aeração é acelerada por processos artificiais (aeradores mecânicos).

As lagoas de estabilização, devido a sua simplicidade, baixo custo, eficiência e facilidade de operação, têm sido bastante utilizadas, principalmente onde as condições ambientais são favoráveis, como na região nordeste do Brasil. Porém, a maior desvantagem desse tipo de tratamento de esgoto é que há necessidade de grandes áreas para sua implantação (DIAS et al., 1999).

Apesar da necessidade de grandes áreas para a implantação do sistema de tratamento por lagoas de estabilização de esgoto, as variações de combinações de lagoas têm dado bons resultados na eficiência do tratamento. De acordo com DIAS et al. (1999), as lagoas de estabilização podem ser usadas isoladamente ou em série e com isso, várias lagoas de maturação têm sido utilizadas em série, obtendo-se assim, remoção de coliformes maiores que 99,99%. Já a remoção de DBO nas lagoas anaeróbias situa-se na faixa de 50 a 70%, enquanto que nas lagoas facultativas têm sido observadas eficiências variando de 75 a 95%.

Tendo-se uma estação de tratamento de esgoto eficiente, é de se esperar que o curso d'água receptor mantenha a qualidade da sua água ao longo do seu percurso e para poder analisar esta qualidade, CETESB (2005) indica dentre seus principais índices de qualidade para água o IQA (Índice de Qualidade das Águas).

### 3.10. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS - IQA

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das Águas, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB, 2004).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores "*rating*". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na Figura 2 (CETESB, 2005).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez (CETESB, 2005).

Segundo CETESB (2005), a equação utilizada para a determinação do Índice de Qualidade das Águas é a Equação 1.



$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \dots\dots\dots(EQUAÇÃO 1)$$

onde:

IQA : Índice de Qualidade das Águas, valor entre 0 e 100;

$q_i$  : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade" na Figura 2, em função de sua concentração ou medida e

$w_i$  : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que a somatória de  $w_i$  deve ser 1, conforme CETESB (2005) dispõe na Equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \dots\dots\dots(EQUAÇÃO 2)$$

em que:

$n$  : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

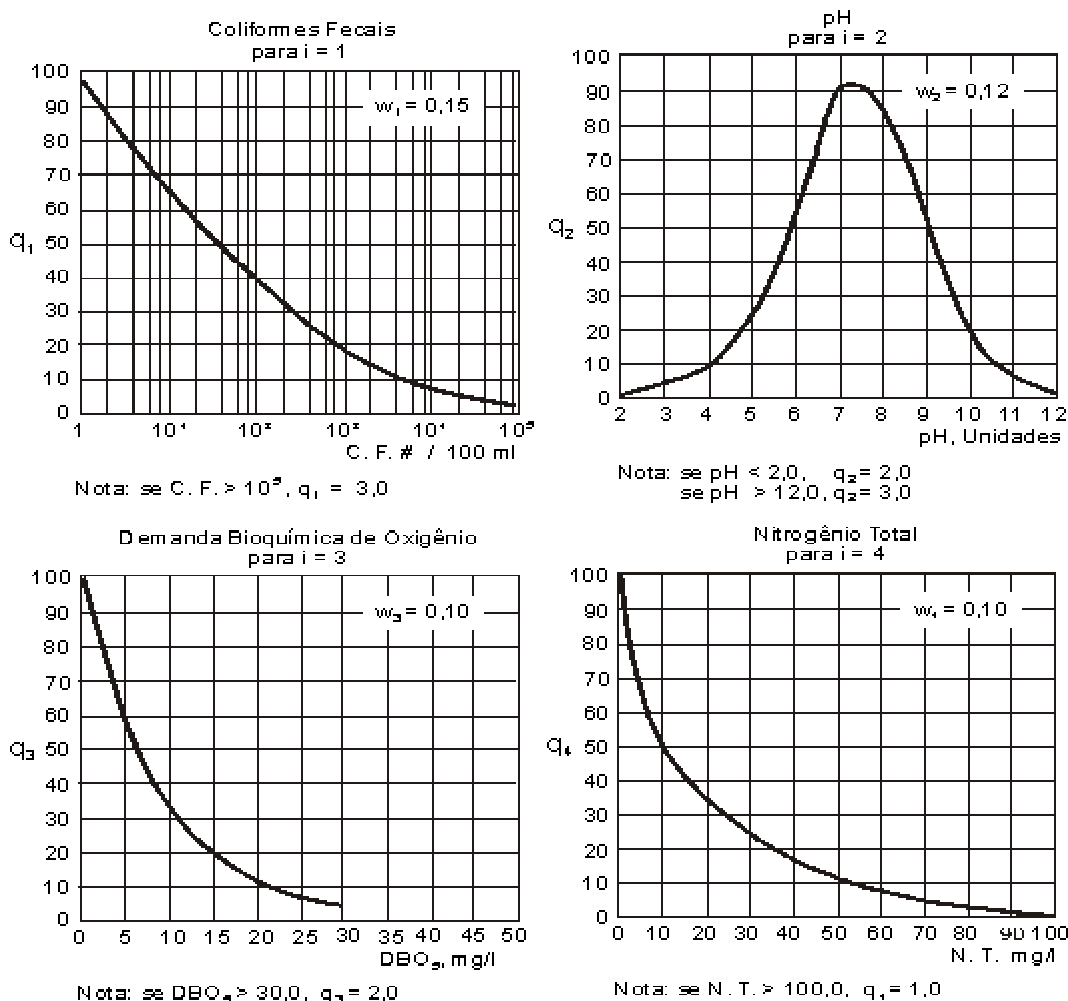


FIGURA 2. Curvas de variação dos parâmetros do IQA. Fonte: CETESB (2005)

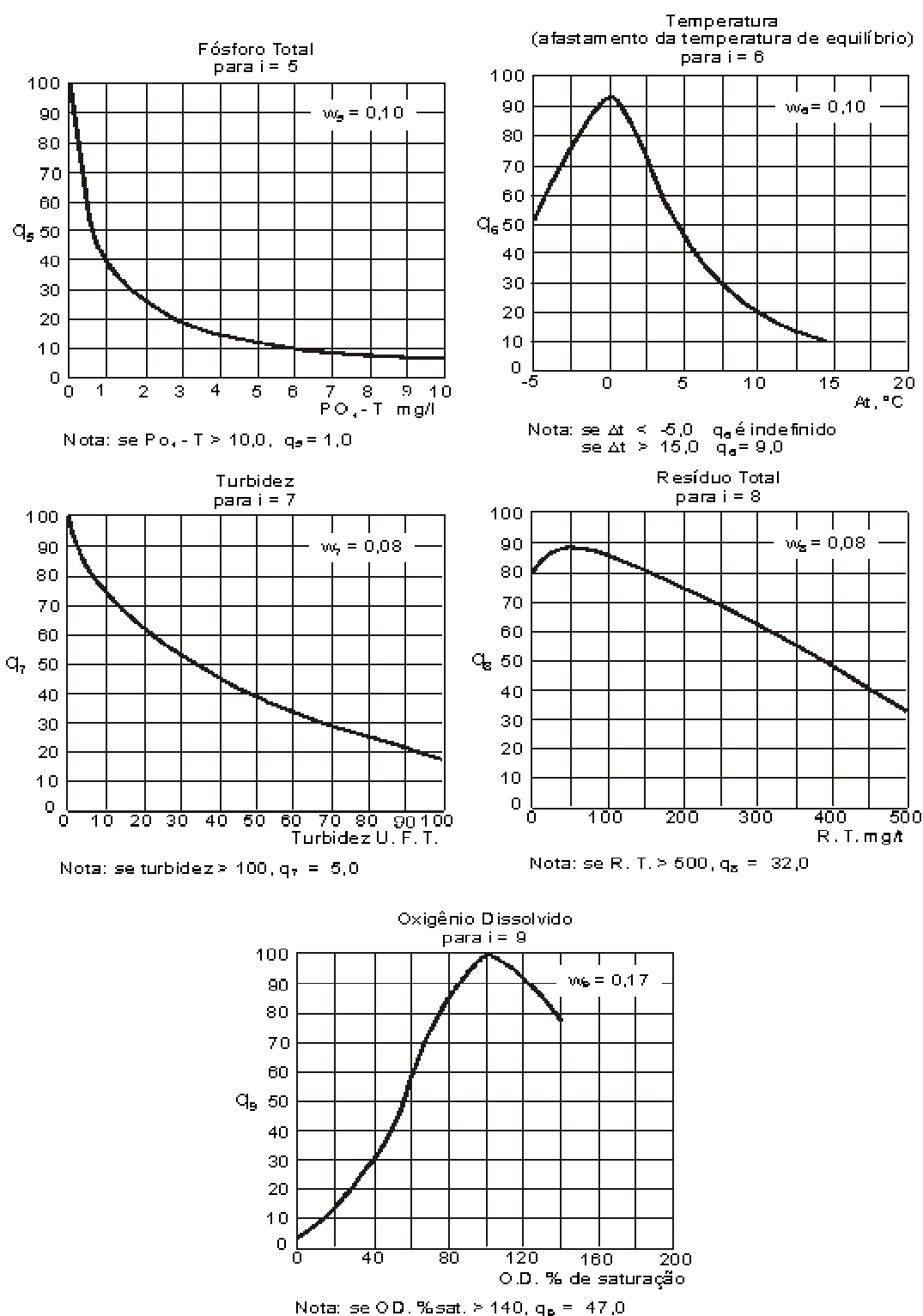


FIGURA 2. Continuação.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. Porém, a partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a graduação da Tabela 1:

TABELA 1 - Escala da qualidade da água indicada pelo IQA

| GRADUAÇÃO           | QUALIDADE           |
|---------------------|---------------------|
| $79 < IQA \leq 100$ | qualidade ótima     |
| $51 < IQA \leq 79$  | qualidade boa       |
| $36 < IQA \leq 51$  | qualidade aceitável |
| $19 < IQA \leq 36$  | qualidade ruim      |
| $IQA \leq 19$       | qualidade péssima   |

Fonte: Adaptado de CETESB (2005).

- Ótima (80 a 100): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, não recebem despejos de efluentes não sofrem processos de degradação, excelente para manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).

- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber, em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade para a manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).

- Aceitável (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biologia aquática e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).

- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia (RACANICCHI, 2002).

- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia (RACANICCHI, 2002).

Mesmo sendo o IQA um índice bastante reconhecido por pesquisadores, com o intuito de suprir algumas deficiências, neste trabalho foram determinados também ferro total, demanda química de oxigênio, coliformes totais, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos.

Quanto ao ferro total, este parâmetro vem ganhando importância ao longo destes últimos anos, especialmente para o dimensionamento de sistemas de irrigação localizada, pois a concentração de ferro na água é resultado principalmente

da degradação dos solos representada pela falta de medidas de conservação de solo e erosão das terras. Em se tratando da demanda química de oxigênio, esta vem complementar os resultados obtidos pela demanda bioquímica de oxigênio, já os coliformes totais foram utilizados para complementar os parâmetros biológicos e os sólidos dissolvidos e suspensos complementam a avaliação de resíduos sólidos cuja representação no IQA é dada apenas pelos sólidos totais.

Além do IQA, existe ainda a resolução federal CONAMA 357/05 (2005), também de grande importância para se avaliar se as condições dos rios são próprias para cada tipo de uso.

### 3.11. Resolução CONAMA 357/05

Esta resolução federal classifica os rios de acordo com o tipo de uso que se faz de suas águas. Neste trabalho, foi analisado o Córrego Água da Bomba e de acordo com os memoriais de projeto da ETE de Regente Feijó, elaborados pela SABESP, a classificação deste curso d'água em relação à Resolução CONAMA 357/05 (2005) é de Classe 2. Portanto, será restringida a explanação apenas a esta Classe.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), as águas de Classe 2 podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00 (2000);
- à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- à aquicultura e à atividade de pesca.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), para as águas de Classe 2, são estabelecidas algumas condições que utilizadas nas discussões de resultados deste trabalho:

- coliformes fecais e *Escherichia coli*: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n.º 274 de 2000 (2.500 coliformes fecais por 100mL ou 2000 *Escherichia coli* por 100mL). Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais

por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

- cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- pH: 6,0 a 9,0;
- turbidez: até 100 UNT;
- DBO 5 dias a 20 °C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;
- fósforo total até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.
- Nitrato 10,0 mg/L N
- Nitrito 1,0 mg/L N
- Nitrogênio amoniacal total:
  - 3,7mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$
  - 2,0 mg/L N, para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
  - 1,0 mg/L N, para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
  - 0,5 mg/L N, para  $\text{pH} > 8,5$

Tendo em vista que a Resolução CONAMA 357/05 (2005) não leva em conta os parâmetros sólidos, encontra-se em CONAMA 20/86 (2005), fora de vigência, que a quantidade de sólidos dissolvidos totais não deve ultrapassar a quantidade de 500 mg/L.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) também determina algumas condições de lançamento de efluentes, dentre as quais serão utilizadas neste trabalho para análises de resultados as seguintes:

- pH entre 5 a 9;
- temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;
- Nitrogênio amoniacal total 20,0 mg/L N.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

A escolha do local foi feita levando-se como primeiro critério a proximidade de uma ETE de lagoas de estabilização aos laboratórios da SABESP (Empresa de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) de Presidente Prudente, cuja parceria foi firmada para a execução dos testes. Dentre os sistemas de lagoas encontradas, a de Regente Feijó foi a ETE que melhor se encaixou no critério de escolha, facilitando assim o transporte de material do local de coleta ao laboratório.

Este trabalho foi realizado junto a uma estação de tratamento de esgoto (ETE) localizada no município de Regente Feijó - SP. Trata-se de uma ETE do tipo lagoa de estabilização composta de uma lagoa anaeróbia, outra facultativa e deságüe final no Córrego Água da Bomba. Todo o conjunto, ETE e corpo d'água, foram avaliados neste trabalho.

A microbacia do córrego Água da Bomba é gerenciada pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI 22), unidade da atual divisão hidrográfica do Estado de São Paulo, com população de cerca de 500.000 pessoas e área de 11.838 km<sup>2</sup>. A microbacia do córrego Água da Bomba está inserida na bacia hidrográfica do Rio Laranja Doce (SIGRH, 2005), com projeção entre as coordenadas geográficas de 21°58'32" Sul e 51°31'20" e 22°05'29" Sul e 51°27'39" Oeste, tendo 61,49 km<sup>2</sup> de área de contribuição e 37,21 km de perímetro, o leito principal da microbacia é o córrego Água da Bomba, cuja extensão atinge 15,39 km. Os dados de coordenadas e a confecção do mapa da bacia estão baseados imagens de satélite disponibilizadas pela EMBRAPA (2005) e a localização da microbacia do Córrego Água da Bomba, assim como a imagem de satélite podem ser observadas nas Figuras 3 e 4 respectivamente.

Quanto às características hidrológicas quantitativas da microbacia do Córrego Água da Bomba, obteve-se o valor de 1235mm de precipitação anual média da microbacia, através do Banco de Dados Pluviométrico do Estado de São Paulo (SIGRH, 2005), tendo-se como ponto de referência a foz da Microbacia do Córrego

Água da Bomba. Elaborou-se o mapa da microbacia utilizando-se do software AutoCad 2000, possibilitando a determinação da área e as coordenadas de latitude ( $22^{\circ}15'03''$  Sul) e longitude ( $51^{\circ}12'54''$  Oeste) do ponto da foz.

Tendo-se em mãos os dados de precipitação anual média, latitude e longitude do ponto da foz e a área da microbacia, utilizou-se a ferramenta de cálculo do Banco de Dados Pluviométrico do Estado de São Paulo (SIGRH, 2005) para se obter a vazão média plurianual de  $0,476\text{m}^3/\text{s}$ , a vazão de permanência de 95%  $Q_{95}$  de  $0,251\text{m}^3/\text{s}$ , a vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com tempo de retorno de 10 anos em  $Q_{1,10}$  de  $0,205\text{m}^3/\text{s}$  e a vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com tempo de retorno de 10 anos  $Q_{7,10}$  de  $0,174\text{m}^3/\text{s}$ .

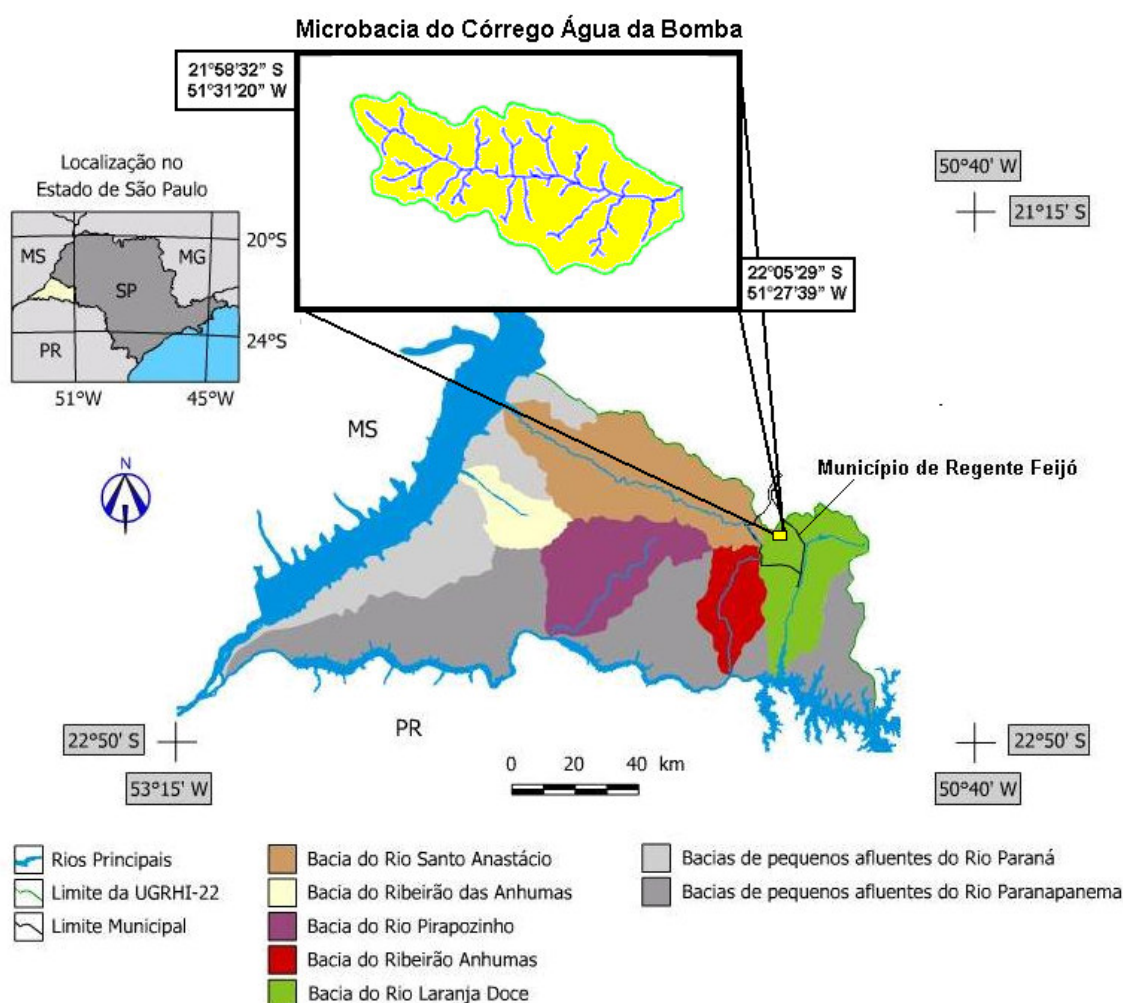
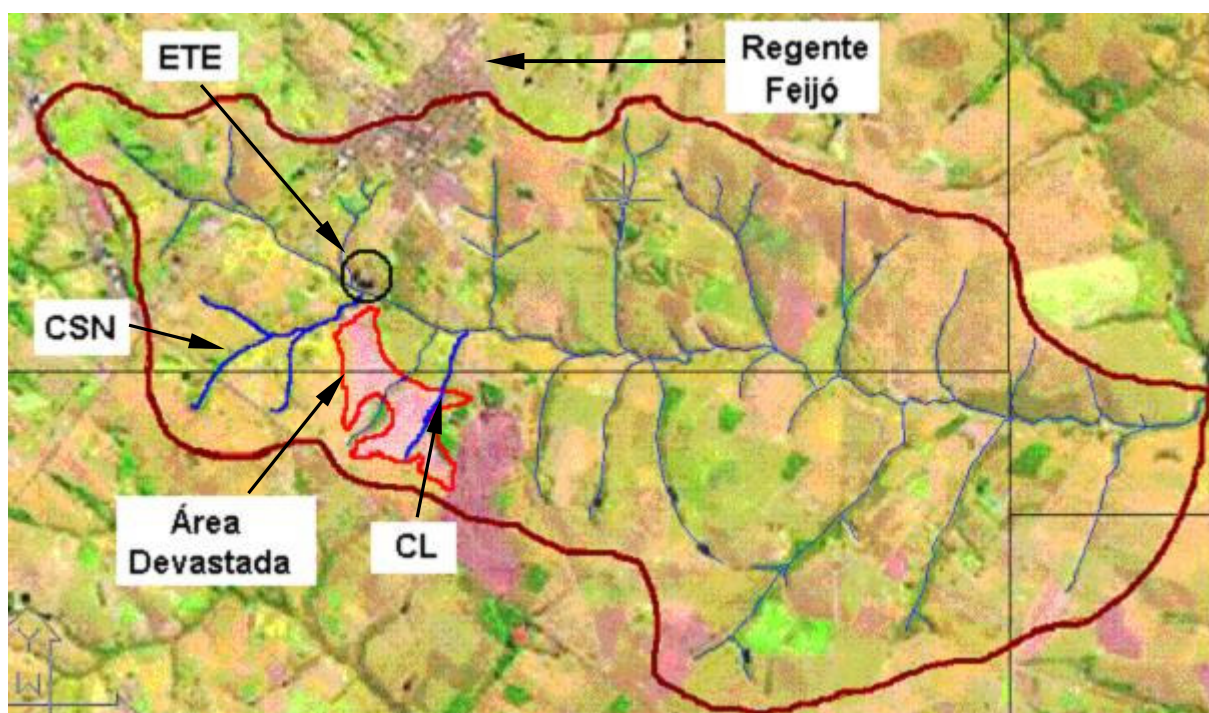


FIGURA 3. Localização da bacia experimental do Córrego Água da Bomba. Fonte: adaptado de MENEGUETTE (2001).

Além de todas estas características hidrológicas, como já citado no item Resolução CONAMA 357/05 (2005) da Revisão Bibliográfica, o Córrego Água da Bomba é classificado como Classe 2.



CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio.

FIGURA 4. Imagem de satélite da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Fonte: adaptado de EMBRAPA (2005).

## 4.2. CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS

O Município de Regente Feijó apresenta uma população de 18.188 habitantes (Fundação SEADE, 2005). Trata-se de um município economicamente dependente de atividades rurais e industriais. O município possui um parque industrial importante dentro na região de Presidente Prudente. Já a economia agrícola é movimentada pela pecuária e cultivo de cana-de-açúcar.

A proximidade de apenas treze quilômetros entre Regente Feijó e Presidente Prudente estabelece grande interação destes municípios, gerando intenso intercâmbio sócio-econômico com Presidente Prudente, pólo regional.

## 4.3. COLETA DE CAMPO

### 4.3.1. Pontos de Coleta da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A ETE de Regente Feijó é composta inicialmente por uma caixa de gradeamento, seguida por caixa de areia e calha *parshall*. Após a passagem pelo gradeamento e retirada de grão de areia o esgoto passa pelo tratamento anaeróbio na lagoa anaeróbia e em seguida passa pelo tratamento na lagoa facultativa, sendo



posteriormente recolhido por 4 caixas de saída e lançado ao corpo receptor, Córrego Água da Bomba, em dois pontos de despejo, como pode ser observado na Figura 5.

Analisaram-se na ETE, as características do esgoto “*in natura*” e do efluente das lagoas, verificando eficiência da ETE. As características dos pontos de coleta, incluso as coordenadas geográficas colhidas por GPS seguem em subitens juntamente com fotos de cada ponto.



FIGURA 5. Foto aérea da ETE Regente Feijó.

#### 4.3.1.1. Ponto 1 ETE (Esgoto Bruto)

Ponto localizado na entrada da caixa de areia, conforme ilustrado na Figura 6, (coordenadas 22°14'16"Sul e 51°18'66"Oeste) utilizado para coletar o esgoto bruto.



FIGURA 6. Ponto 1 ETE (esgoto bruto).

#### 4.3.1.2. Ponto 2 ETE (Efluente Final)

As coletas foram feitas na Saída 1 (vide esquema da Figura 5), saída superficial da lagoa facultativa (coordenadas 22°14'31"Sul e 51°18'56"), para caracterização do efluente despejado no manancial. O Ponto 2 ETE (Efluente Final) está ilustrado nas fotos da Figura 7.



FIGURA 7 - Ponto 2 ETE (Efluente Final).

#### 4.3.2. Pontos de Coleta do Córrego Água da Bomba e Afluentes

Verificou-se além de pontos de amostragem na ETE, as características físicas, químicas e biológicas da água do Córrego Água da Bomba, onde é despejado o efluente da ETE, coletando amostras em três pontos ao longo do manancial. Entretanto, com a realização das análises laboratoriais verificou-se a necessidade de se determinar qual a influência dos Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, na qualidade da água do Córrego Água da Bomba, por isso, a partir do mês de fevereiro de 2005 passou-se a coletar amostras de água nesses dois Afluentes. Deste modo, totalizaram 5 pontos de amostragem nos rios da Microbacia do Córrego Água da Bomba, conforme especificado na Figura 8.

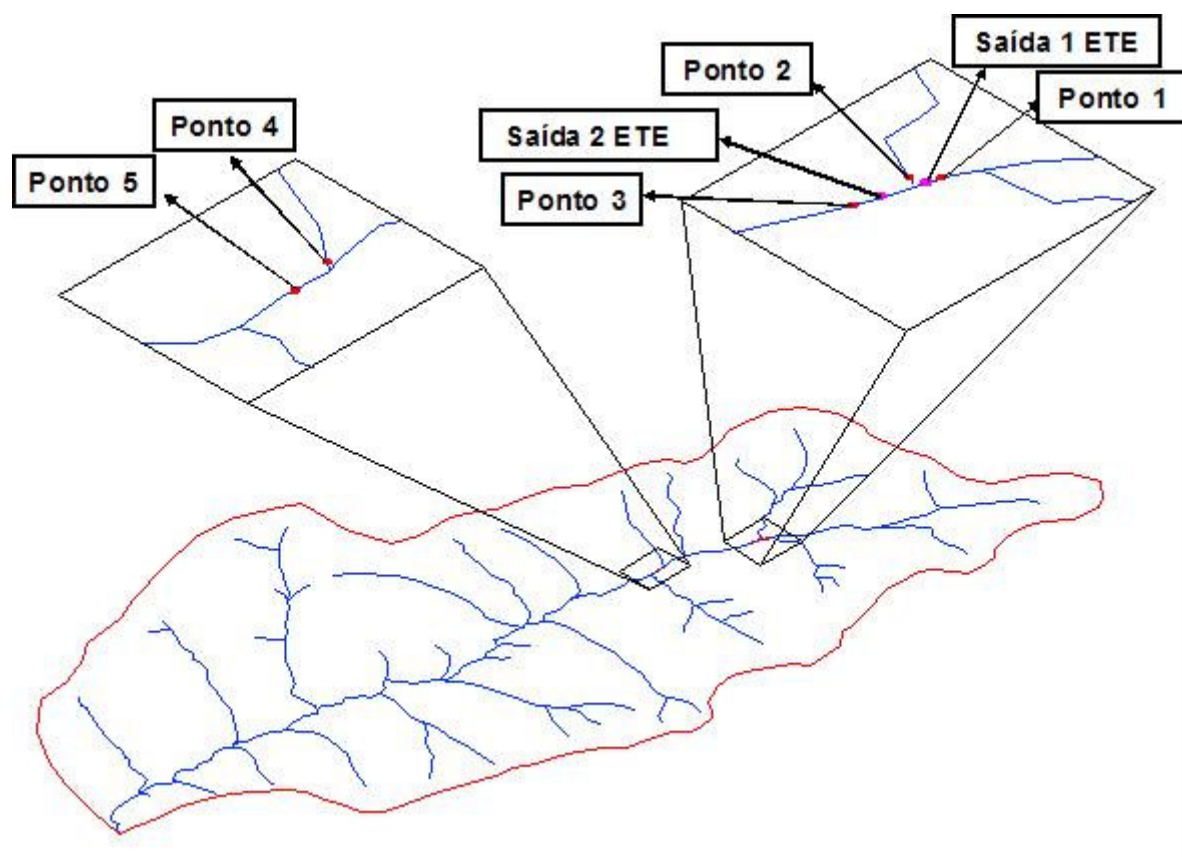


FIGURA 8. Imagem dos pontos de coleta na microbacia do Córrego Água da Bomba e dos pontos de lançamento da ETE (Saídas 1 e 2).

As distâncias entre os pontos representados na Figura 8 estão discriminadas no Quadro 1, sendo que estas distâncias foram medidas seguindo o traçado dos cursos d'água:

QUADRO 1. Distâncias entre pontos de coletas, pontos de descarga da ETE e deságües no Córrego Água da Bomba.

| PONTO À MONTANTE   | PONTO À JUSANTE      | DISTÂNCIA (m) |
|--|----------------------|---------------|
| <b>CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA</b>                               |                      |               |
| Ponto 1 (Montante) CB                                      | Saída 1 ETE          | 35            |
| Saída 1 ETE  | Confluência CSN x CB | 22            |
| Confluência CSN x CB                                       | Ponto 3 (Jusante) CB | 147           |
| Ponto 3 (Jusante) CB                                       | Confluência CL x CB  | 2463          |
| Confluência CL x CB  | Ponto 5 (Ponte) CB   | 97            |
| <b>AFLUENTES (Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio)</b> |                      |               |
| Ponto 2 (Córrego Sem Nome)                                 | Confluência CSN x CB | 35            |
| Ponto 4 (Córrego do Laticínio)                             | Confluência CL x CB  | 27            |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

#### 4.3.2.1. Ponto 1 (Montante)

Trata-se de um ponto de coleta distante 35 m à montante do lançamento da Saída 1 do efluente da ETE (coordenadas 22°14'03" Sul e 51°18'50" Oeste), possuindo mata ciliar preservada em todo o seu redor, entretanto este ponto de coleta sofre influência de despejos clandestinos como o de um lava jato à sua montante e também de águas de drenagem da cidade. A determinação de parâmetros do Ponto 1 (Montante) é de suma importância para se caracterizar as condições do manancial antes do lançamento da ETE.

Para melhor se visualizar as condições físicas do Ponto 1 (Montante), a Figura 9 vem ilustrar, seguida da Figura 10, elaborada através do software ArcView GIS 3.2, onde a área de drenagem do Ponto 1 (Montante) está delimitada. Acompanhando as Figuras 9 e 10, o Quadro 2 apresenta características físicas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos inseridos na área drenagem do Ponto 01 (Montante).



FIGURA 9. Ponto 1 (Montante).

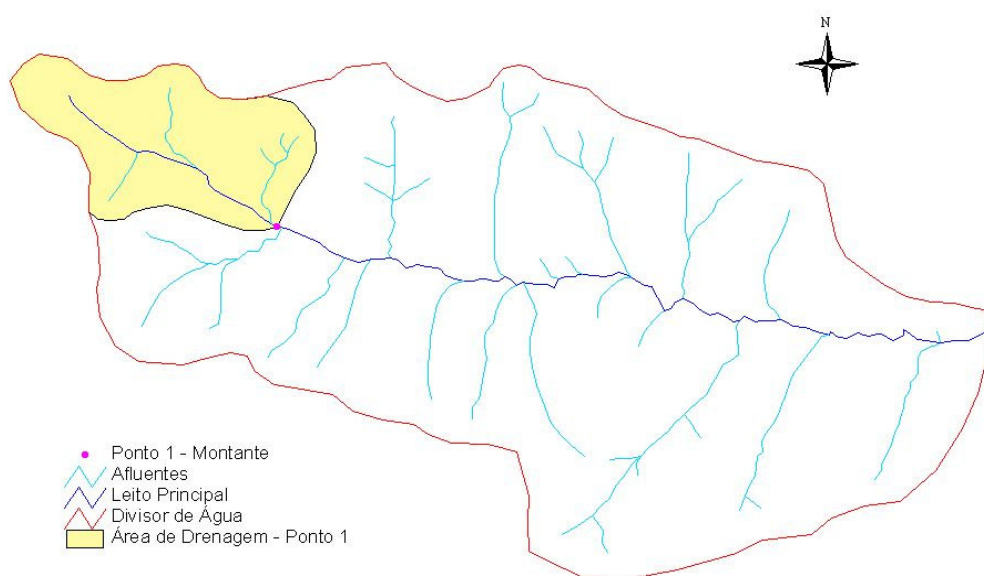


FIGURA 10. Área de Drenagem do Ponto 1 (Montante)

QUADRO 2. Características Fisiográficas do Ponto 1 (Montante) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.

| <b>Ponto 1 - Montante</b>                           |                         |   |
|---|-------------------------|---|
| <b>Características Físicas</b>                      |                         |   |
| A =   | 6,9 km <sup>2</sup>     | Área de drenagem  |
| P =   | 11,84km                 | Perímetro   |
| L =   | 3,68 km                 | Comprimento do leito principal  |
| Lt =  | 7,9 km                  | Comprimento total de cursos d' água                                       |
| Kc =  | 1,26                    | Coeficiente de compacidade  |
| Kf =  | 0,51                    | Fator de forma  |
| Dd =  | 1,14 km/km <sup>2</sup> | Densidade de drenagem   |
| De =  | 0,009m/m                | Declividade equivalente   |
| tc =  | 67 min                  | Tempo de concentração   |
| E =   | 453 m                   | Elevação média  |
| <b>Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos</b> |                         |   |
| Qpl =   | 0,053m <sup>3</sup> /s  | Vazão média plurianual  |
| Q <sub>95%</sub> =                                  | 0,028m <sup>3</sup> /s  | Vazão de permanência  |
| Q <sub>1,10</sub> =                                 | 0,023m <sup>3</sup> /s  | Vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos |
| Q <sub>7,10</sub> =                                 | 0,019m <sup>3</sup> /s  | Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos     |

#### 4.3.2.2. Ponto 2 (Córrego Sem Nome)

Trata-se de um ponto de amostragem do Córrego Sem Nome, cuja foz localiza-se entre os dois lançamentos de efluente final da ETE, como pode ser observado na Figura 8. Tal localização faz com que o Córrego Sem Nome seja determinante na qualidade da água do Ponto 3 (Jusante).

O Córrego Sem Nome possui em sua área de drenagem uma área de cultivo de algodão, que provavelmente é responsável por grande parte do solo transportado por esse manancial.

Para melhor se visualizar as condições físicas do Ponto 2 (Córrego Nome), a Figura 11 vem ilustrar, seguida da Figura 12, elaborada através do software ArcView GIS 3.2, onde a área de drenagem do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) está delimitada. Acompanhando as FIGURAS 11 e 12, o Quadro 3 apresenta características físicas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos inseridos na área drenagem do Ponto 2 (Córrego Sem Nome).





FIGURA 11. Foto do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e foto da confluência dos Córregos Água da Bomba (água mais clara) e Sem Nome (água mais avermelhada), respectivamente.

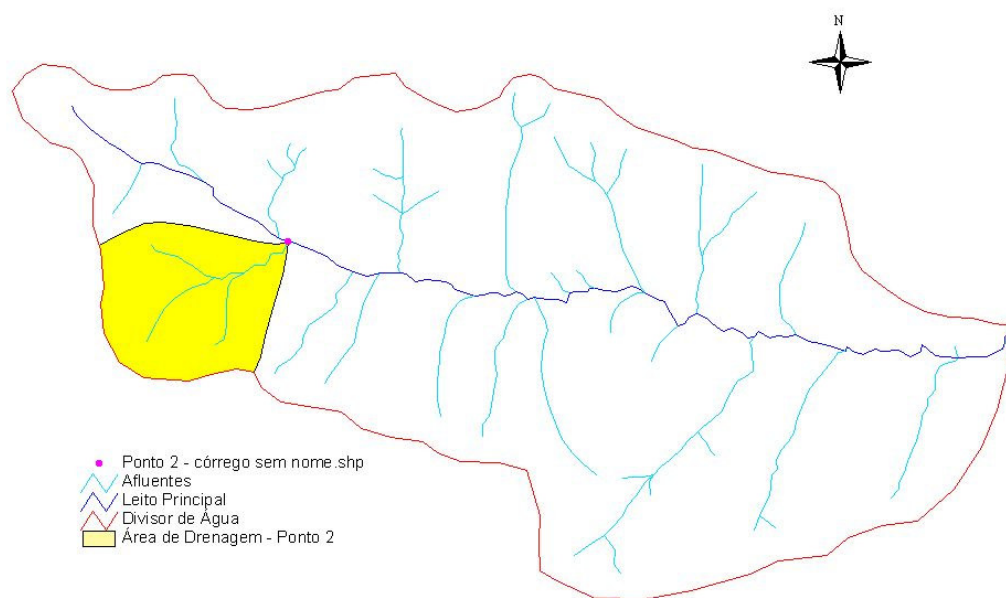


FIGURA 12. Área de Drenagem do Ponto 2 (Córrego Sem Nome)

QUADRO 3. Características Fisiográficas do Ponto 2 (Córrego Sem Nome), determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.

| <b>Ponto 2 - Córrego sem Nome</b>                   |                         |   |
|---|-------------------------|---|
| <b>Características Físicas</b>                      |                         |   |
| A =   | 4,69 km <sup>2</sup>    | Área de drenagem  |
| P =   | 8,33 km                 | Perímetro   |
| L =   | 2,66 km                 | Comprimento do leito principal  |
| Lt =  | 7,54 km                 | Comprimento total de cursos d' água                                       |
| Kc =  | 1,08                    | Coeficiente de compacidade  |
| Kf =  | 0,66                    | Fator de forma  |
| Dd =  | 1,61 km/km <sup>2</sup> | Densidade de drenagem   |
| De =  | 0,017 m/m               | Declividade equivalente   |
| tc =  | 40,67 min               | Tempo de concentração   |
| E =   | 458,00m                 | Elevação média  |
| <b>Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos</b> |                         |   |
| Qpl =   | 0,036 m <sup>3</sup> /s | Vazão média plurianual  |
| Q <sub>95%</sub> =                                  | 0,019 m <sup>3</sup> /s | Vazão de permanência  |
| Q <sub>1,10</sub> =                                 | 0,016 m <sup>3</sup> /s | Vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos |
| Q <sub>7,10</sub> =                                 | 0,013 m <sup>3</sup> /s | Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos     |

#### 4.3.2.3. Ponto 3 (Jusante)

Trata-se de um ponto de coleta distante aproximadamente à jusante da Saída 2 da ETE, com coordenadas 22°14'07" Sul e 51°18'44" Oeste, possuindo mata ciliar preservada em todo o seu redor. Sua função é caracterizar as condições do manancial imediatamente após o lançamento para verificar-se o impacto causado pela ETE.

Para melhor se visualizar as condições físicas do Ponto 3 (Jusante), a FIGURA 13 vem ilustrar, seguida da Figura 14, elaborada através do software ArcView GIS 3.2, onde a área de drenagem do Ponto 3 (Jusante) está delimitada. Acompanhando as Figura 13 e 14, o Quadro 4 apresenta características físicas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos inseridos na área drenagem do Ponto 3 (Jusante).



FIGURA 13. Foto do lançamento seguida de foto do Ponto 3 (Jusante).

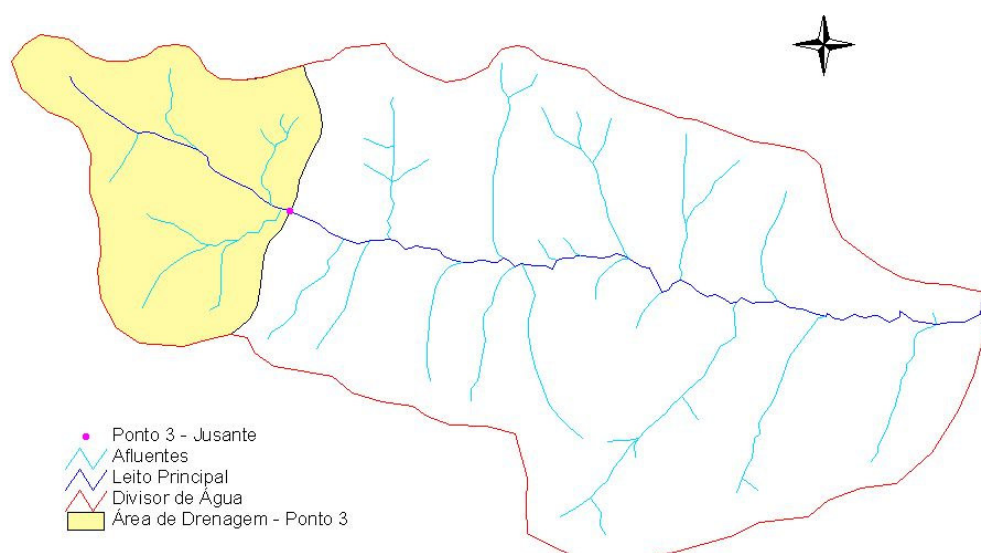


FIGURA 14. Área de Drenagem do Ponto 3 (Jusante)

QUADRO 4. Características Fisiográficas do Ponto 3 (Jusante) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.

| <b>Ponto 3 - Jusante</b>                            |   |
|---|---|
| <b>Características Físicas</b>                      |   |
| A = 11,87km <sup>2</sup>                            | Área de drenagem  |
| P = 15,14km   | Perímetro   |
| L = 3,89 km   | Comprimento do leito principal  |
| Lt = 12,99km  | Comprimento total de cursos d' água                                       |
| Kc = 1,23   | Coeficiente de compacidade  |
| Kf = 0,78   | Fator de forma  |
| Dd = 1,09 km/km <sup>2</sup>                        | Densidade de drenagem   |
| De = 0,008m/m                                       | Declividade equivalente   |
| tc = 73 min   | Tempo de concentração   |
| E = 451 m   | Elevação média  |
| <b>Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos</b> |   |
| Qpl = 0,091m <sup>3</sup> /s                        | Vazão média plurianual  |
| Q <sub>95%</sub> = 0,048m <sup>3</sup> /s           | Vazão de permanência  |
| Q <sub>1,10</sub> = 0,039m <sup>3</sup> /s          | Vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos |
| Q <sub>7,10</sub> = 0,033m <sup>3</sup> /s          | Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos     |

#### 4.3.2.4. Ponto 4 (Córrego do Laticínio)

Trata-se de um ponto de amostragem no Córrego do Laticínio, cuja foz localiza-se próxima ao Ponto 5 (Ponte) do Córrego Água da Bomba. Tal localização torna o Córrego do Laticínio determinante na qualidade da água do Ponto 5 (Ponte), que dista 97 m do deságüe no Córrego Água da Bomba.



A situação do Córrego do Laticínio é de ausência de mata ciliar e este ainda serve, esporadicamente, como canal de escoamento de resíduos de um pequeno laticínio existente em sua microbacia.

Para melhor se visualizar as condições físicas do Ponto 4 (Córrego do Laticínio), a Figura 15 vem ilustrar, seguida da Figura 16, elaborada através do software ArcView GIS 3.2, onde a área de drenagem do Ponto 4 (Córrego do Laticínio) está delimitada. Acompanhando as Figuras 15 e 16, o Quadro 5 apresenta características físicas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos inseridos na área drenagem do Ponto 4 (Córrego do Laticínio).



FIGURA 15. Foto da entrada do Laticínio seguida de foto do deságüe do Córrego do Laticínio no Córrego Água da Bomba

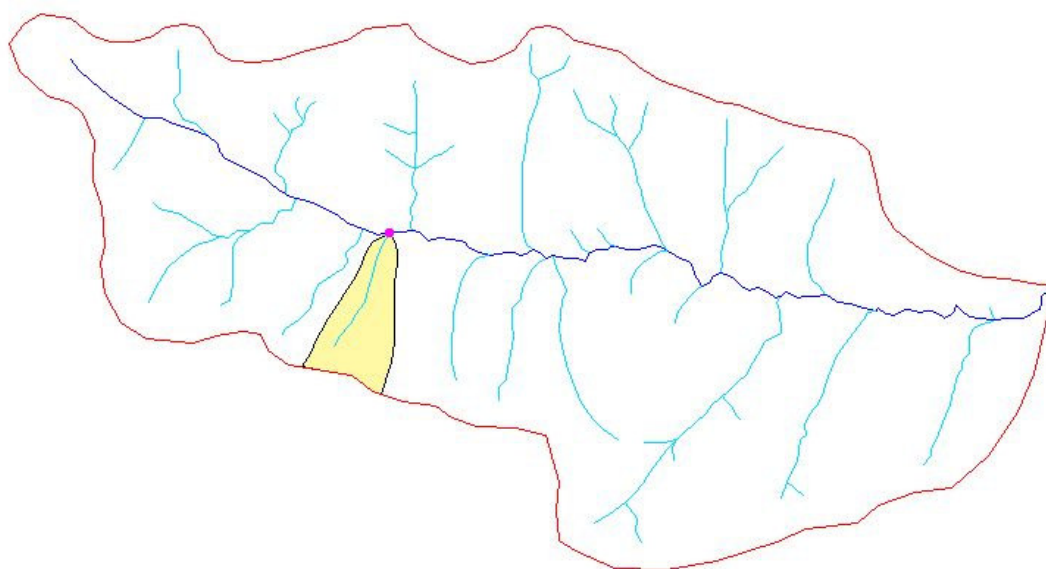


FIGURA 16. Área de Drenagem do Ponto 4 (Córrego do Laticínio)

QUADRO 5. Características Fisiográficas do Ponto 4 (Córrego do Laticínio), determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.

| <b>Ponto 4 - Córrego do Laticínio</b>               |       |                    |   |
|---|-------|--------------------|---|
| <b>Características Físicas</b>                      |       |                    |   |
| A =   | 1,5   | km <sup>2</sup>    | Área de drenagem  |
| P =   | 5,6   | km                 | Perímetro   |
| L =   | 1,8   | km                 | Comprimento do leito principal  |
| Lt =  | 1,75  | km                 | Comprimento total de cursos d' água                                       |
| Kc =  | 1,28  |                    | Coeficiente de compacidade  |
| Kf =  | 0,49  |                    | Fator de forma  |
| Dd =  | 1,17  | km/km <sup>2</sup> | Densidade de drenagem   |
| De =  | 0,029 | m/m                | Declividade equivalente   |
| tc =  | 24    | min                | Tempo de concentração   |
| E =   | 455   | m                  | Elevação média  |
| <b>Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos</b> |       |                    |   |
| Q <sub>pl</sub> =                                   | 0,011 | m <sup>3</sup> /s  | Vazão média plurianual  |
| Q <sub>95%</sub> =                                  | 0,006 | m <sup>3</sup> /s  | Vazão de permanência  |
| Q <sub>1,10</sub> =                                 | 0,005 | m <sup>3</sup> /s  | Vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos |
| Q <sub>7,10</sub> =                                 | 0,004 | m <sup>3</sup> /s  | Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos     |

#### 4.3.2.5. Ponto 5 (Ponte)

Trata-se de um ponto de coleta distante 2,76 km à jusante do lançamento (coordenadas 22°14'21" Sul e 51°18'01" Oeste), possuindo área de mata totalmente devastada (pasto) ao seu redor e completamente assoreada, como pode se observar nas Figuras 17 e 18. Este ponto de amostragem tem por função caracterizar as condições de autodepuração do manancial.

Existe um laticínio à jusante do Ponto 5 (Ponte) que também polui o Córrego Água da Bomba e as vacas da fazenda ainda se utilizam da água poluída do curso d'água para se alimentarem, como pode ser observado nas Figuras 17 e 18.

Para melhor se visualizar as condições físicas do Ponto 5 (Córrego Água da Bomba), as Figuras 17 e 18 vem ilustrar, seguidas da Figura 19, elaborada através do software ArcView GIS 3.2, onde a área de drenagem do Ponto 5 (Córrego Água da Bomba) está delimitada. Acompanhando as FIGURAS 17, 18 e 19, o Quadro 6 apresenta características físicas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos inseridos na área drenagem do Ponto 5 (Córrego Água da Bomba).



FIGURA 17. Foto do Ponto 5 (Ponte).



FIGURA 18. Detalhe de erosão e assoreamento, solo desprotegido, Ponto 5 (Ponte).

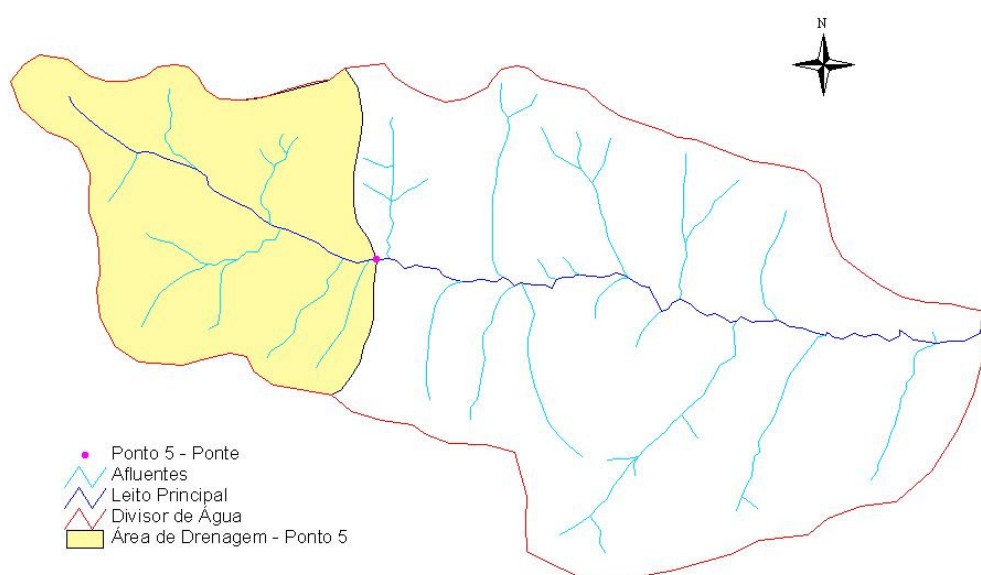


FIGURA 19. Área de Drenagem do Ponto 5 (Ponte).

QUADRO 6. Características Fisiográficas do Ponto 5 (Ponte) do Córrego Água da Bomba, determinadas com auxílio do software ArcView GIS 3.2.

| <b>Ponto 5 - Ponte</b>                              |   |
|---|---|
| <b>Características Físicas</b>                      |   |
| A = 16,88km <sup>2</sup>                            | Área de drenagem  |
| P = 18,9 km   | Perímetro   |
| L = 5,23 km   | Comprimento do leito principal  |
| Lt = 17,97km  | Comprimento total de cursos d' água                                       |
| Kc = 1,29   | Coeficiente de compacidade  |
| Kf = 0,62   | Fator de forma  |
| Dd = 1,06 km/km <sup>2</sup>                        | Densidade de drenagem   |
| De = 0,007m/m                                       | Declividade equivalente   |
| tc = 96 min   | Tempo de concentração   |
| E = 448 m   | Elevação média  |
| <b>Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos</b> |   |
| Qpl = 0,130m <sup>3</sup> /s                        | Vazão média plurianual  |
| Q <sub>95%</sub> = 0,068m <sup>3</sup> /s           | Vazão de permanência  |
| Q <sub>1,10</sub> = 0,056m <sup>3</sup> /s          | Vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos |
| Q <sub>7,10</sub> = 0,048m <sup>3</sup> /s          | Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos     |

#### 4.4. SISTEMA ETE E CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA

As coletas e medições de vazão dentro das lagoas de estabilização e ao longo do curso d'água foram feitas de setembro de 2004 a junho de 2005, completando 10 coletas mensais.

As amostras coletadas foram colhidas em galões de 5 litros e acondicionados em caixa de isopor com gelo e transportadas a uma distância de 22km até o laboratório.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos tanto para o esgoto quanto para a água do Córrego Água da Bomba, com o intuito de verificar a influência do lançamento no curso d'água. O resumo de tais parâmetros seguem no item 4.6, Ensaios Laboratoriais.

Os resultados obtidos nas coletas dos pontos da ETE são para se analisar o rendimento do tratamento de esgoto e determinar a influência de seu efluente no córrego, enquanto que a análise dos resultados colhidos nos pontos ao longo do rio consiste principalmente na caracterização da qualidade da água, através do IQA.

#### 4.5. PRECIPITAÇÃO E VAZÃO

As precipitações entre os períodos de coleta foram obtidas na COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI) do Município de Regente Feijó. Os dados foram coletados diariamente com auxílio de pluviômetro graduado simples.

Quanto à medição das vazões nos pontos do rio, o método utilizado foi o do flutuador, onde adaptou-se uma pequena garrafa plástica enchendo-a com 60% de seu volume em água. Escolheu-se trechos retilíneos com margens paralelas e com comprimento mínimo de duas vezes a sua largura conforme SANTOS (2001), com profundidade constante e profundidade uniforme no sentido longitudinal. Para cada ponto foram realizadas 5 repetições de medição de velocidade do córrego.

Apesar de o método do flutuador ser o mais prático, existem variantes que influem na sua eficácia, pois MAURO (2003) através de estudos comparativos com o método do vertedouro e análises matemáticas afirma que para uma vazão típica de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  a variação de 5 mm na leitura de lâmina d'água e uma variação de 1 segundo para o tempo de percurso do flutuador resulta num erro de 14,8%. Porém, mesmo verificados os erros do método do flutuador, analisando-se o tamanho da calha do Córrego Água da Bomba, tornou-se impraticável a aplicação do método do vertedouro, sendo necessário utilizar-se o método do flutuador, por sua maior praticidade e baixo custo.

Quanto à variação da velocidade transversal ao eixo do rio, verificou-se que por ser um córrego de profundidade máxima de 40 cm e largura variando entre 80 cm e 2m, a variação da velocidade na seção transversal será tratada como desprezível para os fins deste trabalho, dado que a razão entre largura e profundidade é maior que o dobro, com a largura atingindo em até 5 vezes as dimensões da profundidade em alguns pontos dos mananciais.

#### 4.6. ENSAIOS LABORATORIAIS

Os parâmetros para determinação da qualidade da água dos mananciais e das águas residuárias da ETE foram agrupados em físicos, químicos e biológicos, de modo a facilitar o entendimento. Os sólidos foram tratados a parte, pois de acordo com VON SPERLING (1996c), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos.

QUADRO 7. Parâmetros para determinação da qualidade da água.

| ENSAIOS<br>LABORATORIAIS             | UNIDADE                    | MÉTODO DE ENSAIO  |
|--------------------------------------|----------------------------|---|
| <b>SÓLIDOS</b>                       |                            |   |
| Sólidos totais                       | (mg/L)                     | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998)  |
| Sólidos em suspensão                 | (mg/L)                     | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998)  |
| Sólidos dissolvidos                  | (mg/L)                     | Subtração de sólidos em suspensão nos sólidos totais  |
| Descarga sólida total                |                            | Equação de Colby (1957)   |
| <b>PARÂMETROS<br/>FÍSICOS</b>        |                            |   |
| Temperatura                          | °C                         | Termômetro graduado de mercúrio   |
| Turbidez                             | NTU                        | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) – Turbidímetro   |
| <b>PARÂMETROS<br/>QUÍMICOS</b>       |                            |   |
| PH                                   |                            | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) – pHMETRO  |
| Nitrogênio total                     | (mg/L N)                   | Método de digestão por persufato (0,5 até 25,0 mg/L N) - ESPECTOFOTÔMETRO HACH DR/2500                    |
| Ortofosfato                          | (mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ ) | Método do ácido ascórbico (0,02 até 2,50mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ ) - ESPECTOFOTÔMETRO HACH DR/2500         |
| Oxigênio dissolvido                  | (mg/L $\text{O}_2$ )       | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) - Winkler Modificado                                   |
| Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) | (mg/L $\text{O}_2$ )       | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) - Winkler Modificado                                   |
| Demanda química de oxigênio (DQO)    | (mg/L $\text{O}_2$ )       | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) - Método de Digestão por Reator (20 até 1500 mg/L DQO) |
| <b>PARÂMETROS<br/>BIOLÓGICOS</b>     |                            |   |
| Coliformes totais                    | (NMP/100 ml)               | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) - Método do Substrato Enzimático                       |
| <i>Escherichia coli</i>              | (NMP/100 ml)               | Conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) - Método do Substrato Enzimático                       |

#### 4.6.1. Sólidos

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (CETESB, 2004).

##### 4.6.1.1. Sólidos Totais

Segundo AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), sólidos totais são todas as substâncias que permaneçam na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra.

Para se determinar os valores de sólidos totais nas amostras, foi utilizado procedimento de ensaio laboratorial conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), cujos passos de análise estão descritos a seguir:

- Preparação da cápsula: Lava-se a cápsula com água destilada, seca e calcina a 550° C por 1h em forno-mufla. Transfere-se a cápsula para o dessecador, deixando esfriar até a temperatura ambiente. Em seguida pesa-se (P1)g.

- Evaporação da amostra: Em um béquer homogeniza-se a amostra com o auxílio de uma bagueta. Transfere-se uma alíquota da amostra (com um volume de amostra pré-determinado) para a cápsula. Seca-se a amostra em banho-maria, em seguida colocando-a na estufa (105 ± 2°C) até peso constante. Coloca-se a cápsula no dessecador, deixando esfriar até temperatura ambiente. Pesa-se (P2)g.

- Cálculos:

$$Sólidos\ Totais = \frac{P_2 - P_1}{vol.am} \cdot 1.000.000 \dots\dots\dots (EQUAÇÃO 3)$$

P1 = Tara da cápsula (g)

P2 = Cápsula com amostra após secagem (g)

vol am = Volume da amostra (mL)

Expressão dos resultados em mg/L.

#### 4.6.1.2. Sólidos em Suspensão

Para determinação do parâmetro sólidos em suspensão, neste trabalho foi utilizada metodologia referente a AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), cujos passos para análise são os que seguem:

- Preparação do cadinho: Coloque a membrana de fibra de vidro no cadinho com a parte rugosa para baixo e filtre pequena porção de água destilada até a aderência da membrana no cadinho. Seque em estufa (105 ± 2°C) pôr 15 minutos, e em seguida leve ao forno mufla (550 ± 50°C) pôr 30 minutos. Resfrie em dessecador até temperatura ambiente. Pese (P1)g.

- Filtração e secagem da amostra: em um béquer homogenize a amostra com o auxílio de uma bagueta. Filtre no cadinho, através do sistema para filtração à vácuo, uma alíquota da amostra (com um volume de amostra pré-determinado). Segue em estufa (105 ± 2°C) até peso constante. Resfriar em dessecador até temperatura ambiente. Pese (P2)g.

- Cálculos:

$$\text{Sólidos em Suspensão} = \frac{P_2 - P_1}{\text{vol am}} \cdot 1.000.000 \dots\dots\dots(\text{EQUAÇÃO 4})$$

P1 = Tara do cadinho (g);

P2 = Cadinho com amostra após filtragem e secagem (g);

vol. am. = Volume da amostra (mL);

Expressão dos resultados em mg/L.

#### 4.6.1.3. Sólidos Dissolvidos

Para se determinar o parâmetro de sólidos dissolvidos neste trabalho, apenas realizou-se a operação de subtração entre os sólidos totais e os sólidos em suspensão. Dado que a soma dos sólidos em suspensão com os sólidos dissolvidos resulta na concentração de sólidos totais.

#### 4.6.1.4. Descarga Sólida Total

Além da determinação das concentrações de sólidos, também foram determinadas as descargas sólidas totais para cada ponto de amostragem dos mananciais, utilizando-se da Equação de Colby (1957), uma das equações mais utilizadas para se determinar descarga sólida total, Equação 5 (CARVALHO, 1994).

$$Q_{ST} = q_{SL} \cdot L \cdot K + 0,0864 \cdot C_S \cdot Q_L \dots\dots\dots(\text{EQUAÇÃO 5})$$

onde:

$Q_{ST}$  - descarga sólida total (t/dia);

$q_{SL} = 39 V^{0,36}$  - descarga sólida do leito por unidade de largura (t/dia.m);

$V$  - velocidade média do fluxo (m/s);

$L$  - largura da seção (m);

$K = 1,18 \cdot \sqrt{\frac{C_S}{C_R}}$  - fator de correção;

$C_S$  - concentração de sedimentos em suspensão (mg/L);

$C_R$  - concentração relativa, obtida graficamente em função da velocidade do fluxo e profundidade da seção;

$Q_L$  - vazão líquida (m<sup>3</sup>/s).

#### 4.6.2. Parâmetros Físicos

##### 4.6.2.1. Temperatura

Neste trabalho a temperatura foi determinada através de leitura em termômetro de mercúrio graduado em Graus Celsius. As leituras de temperatura



foram realizadas somente nas águas dos recursos hídricos da Microbacia do Córrego Água da Bomba, porque este é um parâmetro utilizado para se determinar o IQA e o funcionamento das lagoas de estabilização não atenta para o controle deste parâmetro.

#### **4.6.2.2. Turbidez**

De acordo com AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), o procedimento para a execução do ensaio de turbidez através de um aparelho turbidímetro deve ser realizado acompanhando-se os seguintes passos:

- Mantém-se o aparelho ligado antes de iniciar as análises, conforme tempo determinado pelo fabricante;
- Verifica-se a necessidade de calibração do equipamento utilizando amostras controle ou padrões fixos fornecidos pelo fabricante do equipamento;
- Homogeneiza-se a amostra, que deve estar em temperatura ambiente, tendo-se o cuidado de não introduzir bolhas de ar;
- Coloca-se a amostra na cubeta, tendo o cuidado de eliminar a possível presença de bolhas de ar;
- Coloca-se a cubeta no aparelho e efetua-se a leitura.

#### **4.6.3. Parâmetros Químicos**

##### **4.6.3.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Neste trabalho, para a determinação do pH, foi utilizado o Método Potenciométrico que baseia-se na determinação da atividade hidrogeniônica de uma amostra utilizando-se um sensor íon seletivo (eletrodo) em conjunto com um medidor de atividade iônica (pHmetro). O sensor em contato com a amostra mede a diferença de potencial causada pela atividade de íons hidrogênio presente na amostra e no sensor e envia ao pHmetro sob a forma de sinal elétrico que o converte em leitura direta de valor de pH (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

De acordo com AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), os ensaios que utilizarem o Método Potenciométrico devem seguir aos seguintes passos:

- Realiza-se a calibração do pHmetro.

- Verifica-se a operação e manutenção do eletrodo;
- Utiliza-se amostra próxima da temperatura ambiente;
  - Enxágua-se o eletrodo com água destilada;
  - Em um volume de amostra suficiente, imergi-se o bulbo do eletrodo e em seguida agita-se moderadamente;
  - Aguarda-se a estabilização;
  - Realiza-se a leitura do pH e da temperatura da amostra.

#### 4.6.3.2. Nitrogênio Total

Para a determinação de Nitrogênio Total, utilizou-se do Método de Digestão por Persulfato LR (0,5 até 25,0 mg/L N), tendo como equipamentos um Reator de DQO e um Espectofotômetro Hach DR/2500, seguindo-se as especificações de Hach Company (2003).

Basicamente o nitrogênio total foi determinado realizando-se a digestão das amostras no reator de DQO a 106°C por 30 minutos com o reagentes da Hach Company, chamados *Total Nitrogen Persulfate Reagent Powder Pillow* e *Total Nitrogen Hydroxide Reagent*. Após a digestão foram adicionados mais dois reagentes, chamados de *Total Nitrogen (TN) Reagent A Powder Pillow* e *Total Nitrogen (TN) Reagent B Powder Pillow*. Finalizando o experimento misturaram-se 2ml de cada amostra digerida nos frascos do *Total Nitrogen (TN) Reagent C* e em seguida colocaram-se os frascos no compartimento do Espectofotômetro Hach DR/2500 para determinação das concentrações de nitrogênio total em cada amostra (HACH COMPANY, 2003).

#### 4.6.3.3. Fósforo Total

A determinação de fósforo neste trabalho foi feita através do Método do Ácido Ascórbico (0,02 até 2,50mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$ ), conforme especificações de HACH COMPANY (2003), utilizando-se de um Espectofotômetro Hach DR/2500.

De maneira básica, a cada amostra de água foi adicionado o reagente da Hach Company chamado *Phos Ver 3 Phosphate Powder Pillow* e esperaram-se 2 minutos para ocorrer a reação. Após estes procedimentos colocaram-se os frascos no compartimento do Espectofotômetro Hach DR/2500 para determinação das concentrações de nitrogênio total em cada amostra (HACH COMPANY, 2003). Determinou-se então a concentração de fosfato e multiplicando-se essa

concentração por 0,326 obteve-se o valor da concentração de fósforo total, conforme indicado em ÁLVARES (1977).

#### **4.6.3.4. Oxigênio Dissolvido (OD)**

Para determinar os valores de oxigênio dissolvido nas amostras coletadas, foi utilizado método de ensaio chamado Winkler Modificado, que conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) os passos de ensaio laboratorial são os que seguem:

- adiciona-se 2 mL de Solução de Fluoreto de Potássio e na sequência 2 mL de Ácido Sulfúrico concentrado;
- tampa-se o frasco em seguida agitando-o até total dissolução do precipitado;
- transfere-se 200 mL da amostra para um erlenmeyer de 500 mL;
- titula-se a amostra com solução de Tiossulfato de Sódio 0,025M até coloração “amarelo-palha”;
- adiciona-se 0,5 mL de solução indicadora de Amido e continua-se a titulação até a viragem de azul para incolor.

#### **4.6.3.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Para se determinar os valores de DBO nas amostras coletadas foi utilizado o Método de Winkler Modificado, que conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) os passos de ensaio laboratorial são os que seguem:

- homogeneizar a amostra e retirar uma porção para béquer de 1000mL;
- acertar o pH para  $7,0 \pm 0,5$  com solução de  $H_2SO_4$ ;
- identificar os frascos de DBO e suas respectivas capacidades volumétricas;
- introduzir em cada os volumes de amostras através de pipetas volumétricas;
- identificar os frascos;
- preparar a água de diluição;
- completar todos os frascos com água de diluição;
- tampar todos os frascos reatores e homogeneizar retirando as bolhas de ar;
- medir o oxigênio dissolvido inicial correspondente aos frascos;
- tampar todos os frascos completando o selo hídrico com água deionizada;
- incubá-las durante 5 dias a  $20^\circ C \pm 1^\circ$ ;
- medir o OD final correspondente de cada frasco;
- calcular a DBO e anotar os resultados dos testes em planilhas apropriadas.

#### 4.6.3.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para determinação da DQO neste trabalho foi utilizado o método de ensaio laboratorial chamado de Método de Digestão por Reator (20 até 1500 mg/L DQO), conforme consta em HACH COMPANY (2003). Como principais equipamentos foram utilizados um reator de DQO e um Espectofotômetro Hach DR/2500.

Explicando basicamente o processo de ensaio, insere-se 2mL de cada amostra em um frasco do reagente *COD Digestion Reagent* (próprio para o espectofotômetro citado) e mistura-se bem agitando o frasco suavemente. Então leva-se os frascos ao reator aquecido a 150°C por 2h e em seguida espera-se que atinjam a temperatura ambiente para que possam ser levados ao compartimento de leitura do espectofotômetro (HACH COMPANY, 2003).

#### 4.6.4. Parâmetros Biológicos

##### 4.6.4.1. Coliformes Totais e *Escherichia coli*

Coliformes totais e *Escherichia coli* estão agrupados num mesmo item por se tratar de parâmetros que utilizam o mesmo método de ensaio laboratorial, salvo pequenas alterações.

O procedimento de análise de coliformes totais e *Escherichia coli* utilizado neste trabalho foi o do Método do Substrato Enzimático (cromogênico e fluorogênico), seguindo indicações de AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998).

As bactérias do grupo coliforme possuem uma enzima denominada  $\beta$ -Galactosidase, que metaboliza a porção nutriente do composto  $\beta$ -d-Galactopiranoside do ONPG (orto-nitrofenil- $\beta$ -d-galactosídeo) presente no meio cultura, liberando a porção indicadora ortonitrofenol que torna o meio amarelo, caracterizando a presença de coliformes totais (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

A bactéria *Escherichia coli* possui uma enzima denominada  $\beta$ -d-Glucuronidase, que metaboliza a porção nutriente  $\beta$ -d-Glucoronide do MUG (4-metil-umbeliferil- $\beta$ -d-glucoronídeo) presente no meio de cultura, liberando a porção indicadora 4-metil-umbeliferona que torna o meio azul fluorescente quando exposta à luz ultravioleta com um comprimento de onda de 365 nm (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

Basicamente, o ensaio proposto por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998) pode se resumir à seguinte seqüência: prepara-se as amostras de diluições diferentes e transfe-se as amostras para as cartelas Quanti-Tray. Em seguida incuba-se as cartelas por 24h a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Conta-se então o número de células transparente na cartela e calcula-se o número de coliformes fecais. Expõe-se a mesma cartela à luz ultra violeta, conta-se o número de células fluorescentes e calcula-se o número de *Escherichia coli*.

#### 4.7. ANÁLISE DE RESULTADOS

Todos os resultados foram analisados levando-se em conta as características hidrológicas e fisiográficas da área de drenagem de cada ponto de amostragem para cada parâmetro de qualidade.

Os dados observados foram compilados em quadros com valores mínimos, máximos e médios de cada variável para cada ponto de amostragem, traçando-se gráficos espacial e temporal relacionando-as com as chuvas de cada período com auxílio do software Microsoft Excel 2000.

Já o software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences for Windows 11.5) foi utilizado para análises estatísticas e construção dos gráficos “*bloxplot*” de variação espacial e temporal para todos os parâmetros de qualidade água conforme ilustrado na Figura 20.

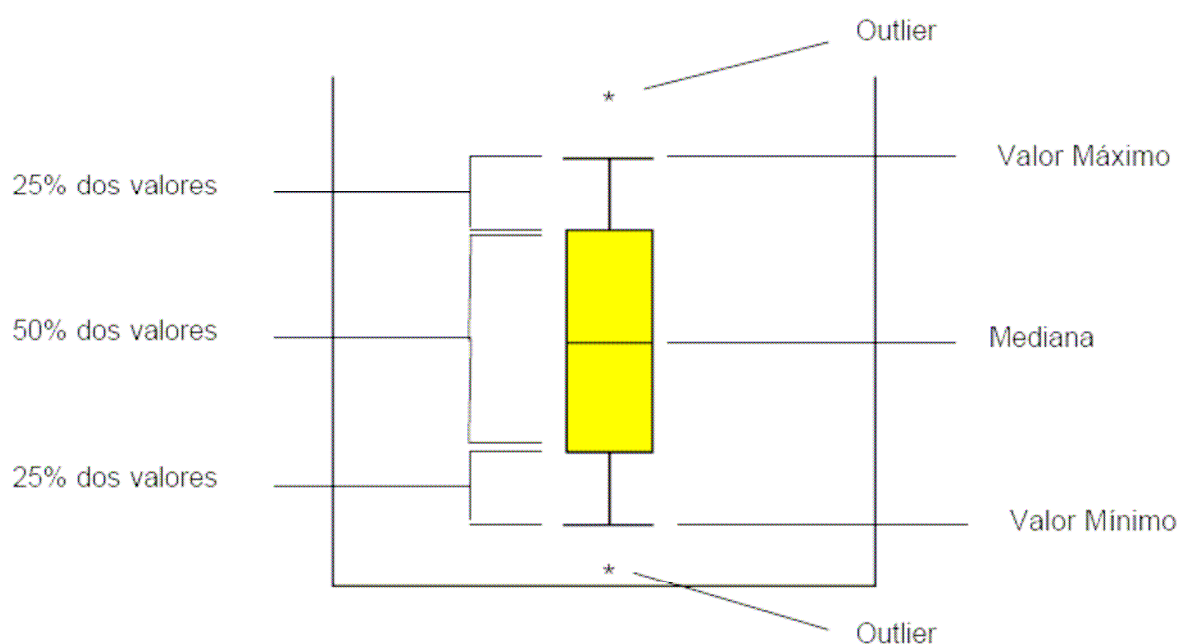


FIGURA 20. Ilustração explicativa de um gráfico bloxplot elaborado pelo software estatístico SPSS for Windows 11.5. Fonte: VANZELA (2004).

Nestes gráficos foram explicitadas as situações de períodos secos e períodos chuvosos objetivando determinar o comportamento de cada parâmetro com a variação das chuvas. Sendo que os períodos secos considerados foram os que antecederam as coletas de 21/09/04, 17/03/05, 21/04/05, 24/05/05 e 18/06/05 e os períodos chuvosos considerados foram os intervalos que antecederam as coletas de 20/10/04, 25/11/04, 22/12/04, 26/01/05 e 22/02/05.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis avaliadas foram agrupadas segundo características físicas, químicas e biológicas, especificando-se os pontos de coleta no curso d'água e na ETE, de modo a facilitar o entendimento. Os sólidos foram tratados a parte, por terem características físicas, químicas e biológicas concomitantemente.

### 5.1. VAZÃO

Na Figura 21 são apresentados os valores observados para a vazão e precipitação acumulada no período avaliado, evidenciando o grau de dependência dos mananciais (Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio) em relação ao escoamento superficial, resultante da precipitação que atinge a bacia hidrográfica, enquanto que no Quadro 8 estes valores foram sistematizados de modo a representar seus mínimos, máximos e médios, além do desvio padrão.

Considerando os valores médios no período de monitoramento, verifica-se que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) tem uma vazão de 241,9 L/s inferior ao Ponto 3 (Jusante da ETE - Córrego Água da Bomba), que recebe o efluente da ETE e também a contribuição do Córrego Sem Nome - em média 199,7 L/s - passando à registrar um aumento de sua vazão de 38%, ainda que se encontram muito próximos entre si (Pontos 1 e 3), estas contribuições pontuais serão determinantes na qualidade do manancial, pois uma traz um efluente altamente poluído e outro, com qualidade da água aceitável, porém trazendo consigo solo representado pela alta taxa de descarga sólida total, provavelmente resultante do processo erosivo registrado em uma grande área agrícola, tendo o algodão como cultura principal.

Calculando-se as porcentagens de contribuição, verifica-se que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) contribui com 62,0% da vazão do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) contribui com 31,4% da vazão do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e provavelmente a

ETE é responsável por 6,63% restantes da vazão média no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), ou seja, 40,50L/s.

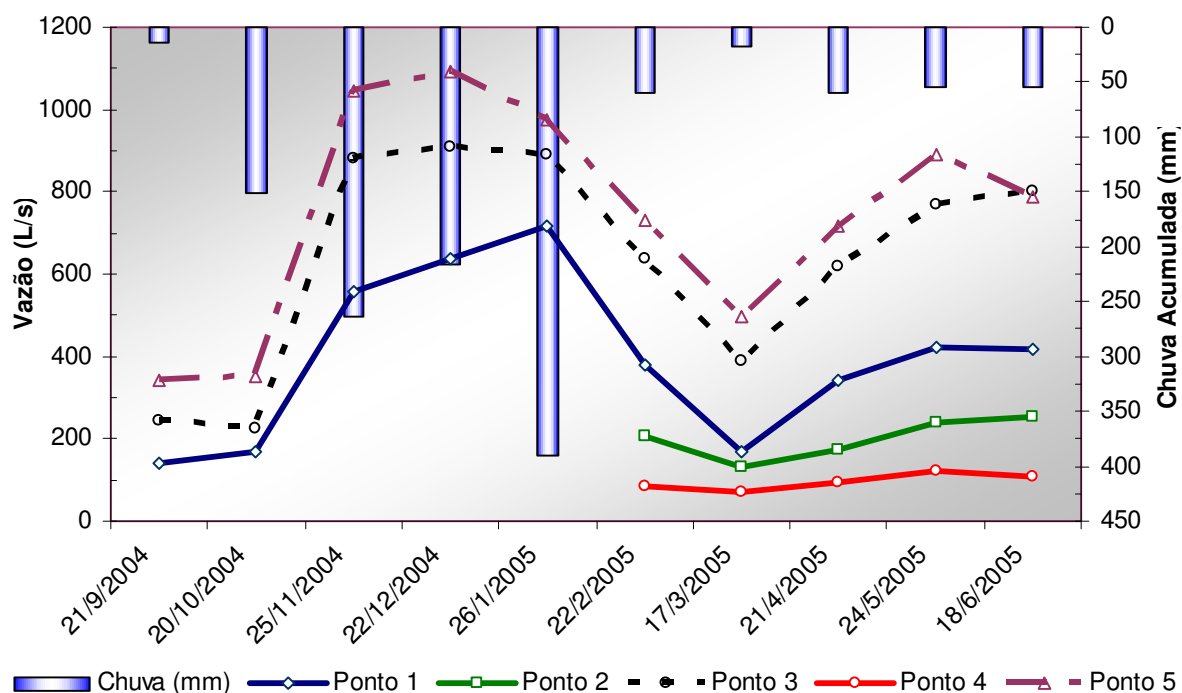


FIGURA 21. Variação espacial e temporal da vazão nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio e precipitação mensal entre 21 de setembro de 2004 e 18 de junho de 2005.

QUADRO 8. Vazão mínima, máxima e média nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio e precipitação acumulada mensal entre 21 de setembro de 2004 e 18 de junho de 2005 nos pontos de monitoramento.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | MÍNIMO (L/s)      | VAZÃO MÁXIMO (L/s) | MÉDIA (L/s) | DESVIO PADRÃO (L/s) |
|----------------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------|
| Ponto 1 – CB         | 142,3             | 716,3              | 394,9       | 212,23              |
| Ponto 2 - CSN        | 129,0             | 255,3              | 199,7       | 46,04               |
| Ponto 3 – CB         | 223,4             | 911,5              | 636,8       | 274,02              |
| Ponto 4 – CL         | 69,0              | 121,5              | 94,5        | 22,18               |
| Ponto 5 – CB         | 340,5             | 1093,7             | 743,3       | 289,24              |
| Chuva (mm/mês)       | 14,9 <sup>#</sup> | 390,5 <sup>*</sup> | -           | -                   |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio  
<sup>#</sup> Setembro de 2004    <sup>\*</sup> Janeiro de 2005

Considerando valores médios e também a limitação da avaliação, que se deu de maneira instantânea e com periodicidade mensal, a contribuição calculada da ETE



como carga poluidora do Córrego Água da Bomba se mostrou aceitável para um município com população de 18.188 habitantes (Fundação SEADE, 2005) que apresentaria uma descarga líquida da ordem de 192,4 litros por habitante por dia.

Quanto aos Pontos 4 e 5, verifica-se que o Ponto 4 (Córrego do Laticínio), contribui com uma porcentagem de 12,7% da vazão média do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba).

Analisando-se o aumento de vazão média ao longo do Córrego Água da Bomba quando se caminha para sua foz, verifica-se que há um aumento de 37,99% do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). Do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) existe um aumento de vazão média da ordem de 14,33%. Totalizando num aumento de vazão média do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) de 53,13% correspondente ao valor de 348,40 L/s. Este aumento de vazão tem um caráter benéfico quando é analisado do ponto de vista de qualidade da água, pois o aumento da vazão pode melhorar as condições de diluição dos poluentes.

Analisando-se a Figura 22, verifica-se a tendência natural que as vazões têm de aumentar na época de chuva e de diminuir na época seca.

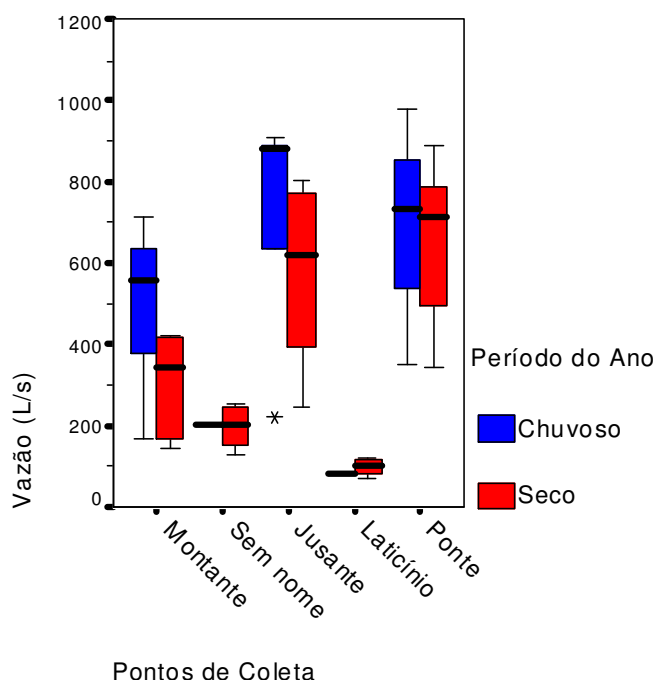


FIGURA 22. Distribuição dos valores de vazão nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes, entre os períodos, seco e chuvoso.

Tendo-se verificado a correlação entre chuva e vazão, nota-se que a situação crítica de disponibilidade de água ocorre durante o período seco, sendo a vazão mínima determinada durante as coletas no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) de 340,5 L/s. Entretanto, verifica-se no Quadro 6 que a vazão  $Q_{7,10}$  (vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 dias) é de 48,00 L/s, mostrando que os valores de vazão em períodos de estiagem mais rigorosos, podem ser ainda menores do que as vazões mínimas medidas.

## 5.2. SÓLIDOS

### 5.2.1. Sólidos Totais

#### 5.2.1.1. Pontos de amostragem da ETE

Para melhor visualizar-se o comportamento dos sólidos totais ao longo do tempo, foram elaborados gráficos que correlacionam períodos de chuvas e o parâmetro sólidos totais em cada ponto de coleta da ETE.

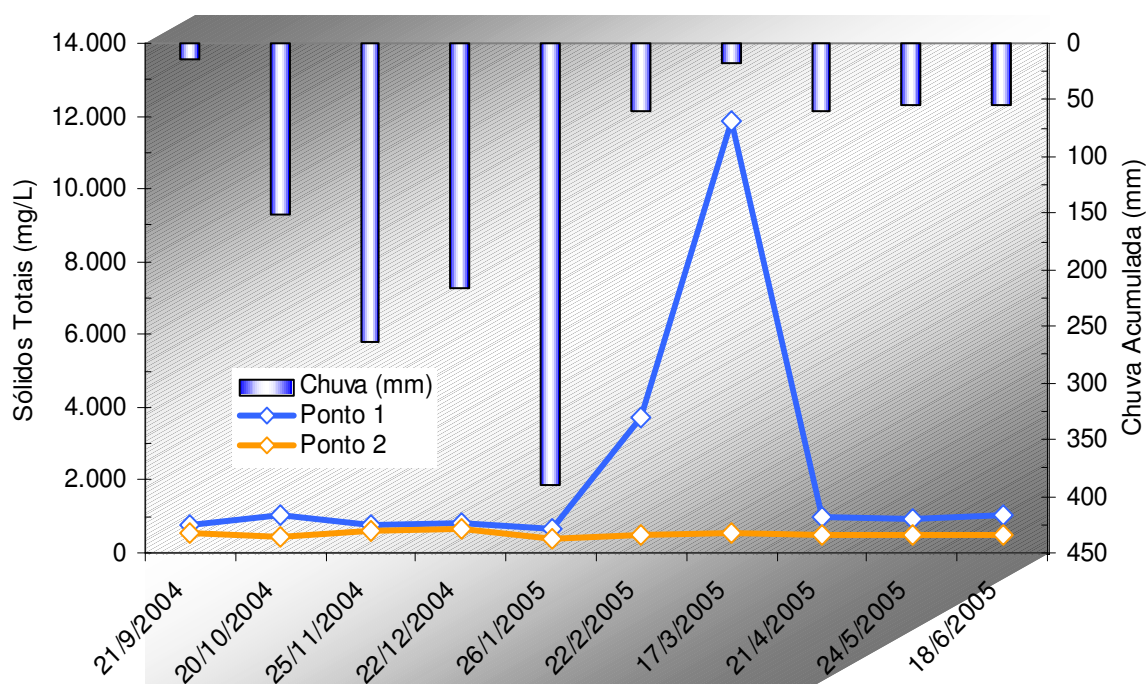


FIGURA 23. Variação espacial e temporal de Sólidos Totais nos pontos de amostragem da ETE.

A variação da concentração de sólidos totais no Ponto 1 (Esgoto Bruto) é mais explícita, na Figura 23, nos meses de fevereiro e março (baixa pluviosidade), pois provavelmente ligações clandestinas de águas pluviais na malha de redes de esgoto têm grande influência na diluição do esgoto bruto, diluindo o esgoto bruto.

Exclusos estes meses, comportamento do Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE) é mais uniforme. Já quanto ao Ponto 2 (Efluente Final - ETE), mesmo nas amostragens críticas (fevereiro e março) de sólidos totais no esgoto bruto, o efluente final manteve a qualidade do tratamento, mostrando a estabilidade do sistema de tratamento em relação ao parâmetro de sólidos totais.

O desempenho médio da ETE para remoção de sólidos totais encontrado foi de 77%, resultando num valor médio de 519mg/L de sólidos totais no efluente final da ETE.

QUADRO 9. Resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS |               |              | EFICIÊNCIA MÉDIA DE REMOÇÃO |
|----------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|
|                      | MÍNIMO (mg/L)                  | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |                             |
| Ponto 1 - EB         | 658                            | 11.860        | 2.260        | 77%                         |
| Ponto 2 - EF         | 378                            | 657           | 519          |                             |

EB - Esgoto Bruto; EF - Efluente Final da ETE.

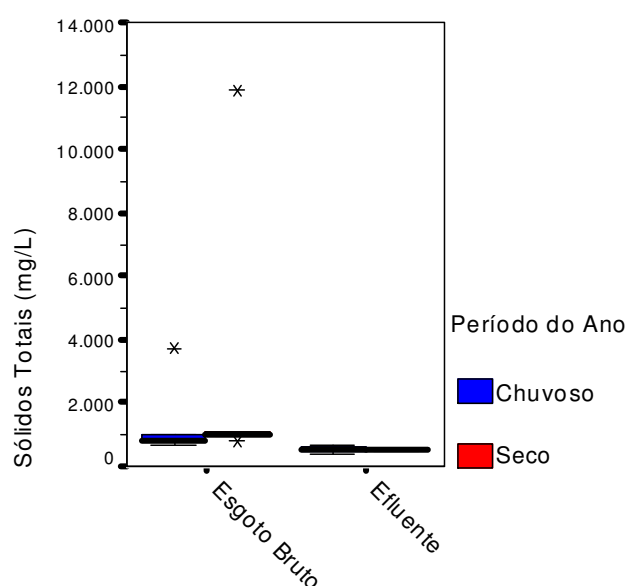


FIGURA 24. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Exclusos os meses de fevereiro e março, os comportamentos apresentados pelas concentrações de sólidos totais nos Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE) e 2 (Efluente Final - ETE) da ETE são de uniformidade, conforme verifica-se na Figura 24, pois os valores médios praticamente se confundem com os valores das medianas. Consegue-se perceber também na Figura 24 que durante o período chuvoso há uma

diminuição da mediana dos valores da concentração de sólidos totais no esgoto bruto, indicando que no período chuvoso pode haver uma influência de ligações clandestinas de águas pluviais na malha de esgoto da cidade de Regente Feijó, de modo que a vazão de águas pluviais diminui a concentração de sólidos totais no esgoto bruto.

#### **5.2.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais**

Tratando-se das análises de sólidos totais nos cursos d'água, percebe-se grande influência da chuva e da vazão em cada ponto ao se observar o gráfico da Figura 25, que explicita a relação entre chuva e concentração de sólidos totais com variações espaciais e temporais, pois existe uma tendência de que a quantidade de sólidos totais seja maior no período chuvoso que no período seco.

O aumento das vazões pode influir negativamente, aumentando a descarga sólida da microbacia. VANZELA (2004) comentando seus resultados de pesquisa, afirma que o aumento da chuva e da vazão levam à um aumento de descarga sólida no leito do rio. Pode-se perceber também, através da Figura 25, que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é o ponto de amostragem que sofre menor variação de sólidos totais entre os períodos seco e chuvoso, provavelmente por estar protegido por mata ciliar, diminuindo o transporte de matéria particulada da bacia para o leito do curso d'água. Entretanto, o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) não possui as mesmas características do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), pois em sua curva de sólidos totais, na Figura 25, há uma grande variação se comparada com as variações dos outros pontos de amostragem, o que poderia ser explicado por uma perda de solo da área de drenagem do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) devido a inexistência de mata ciliar nas vizinhanças deste ponto. Porém, não apenas a inexistência de mata ciliar seria causa de picos no gráfico da Figura 23, mas também o fato de existir proximamente ao Ponto 2 (Córrego Sem Nome) uma área de cultivo de algodão.

Ainda analisando-se a Figura 25, em relação ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), nota-se que este tem uma tendência de manter a quantidade de sólidos totais maior que a do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), pois o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) sofre influência do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e do despejo de efluente da ETE. Portanto, provavelmente o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e o Efluente Final da ETE têm grande influência no resultado do Ponto 3 (Jusante - Córrego água da Bomba).

Quanto ao Ponto 4 (Córrego do Laticínio), este mostra um comportamento similar aos demais, mesmo se localizando em outro córrego, provavelmente por apresentar características de entorno semelhantes às dos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba.

A curva do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) tem uma tendência de manter a concentração de sólidos totais sempre acima a dos Pontos 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) e 3 (Jusante - Córrego água da Bomba), evidenciando que ao longo do percurso do Córrego Água da Bomba a contribuição da superfície de drenagem e córregos afluentes é bastante determinante para o aumento deste parâmetro. Mesmo diluindo os sólidos com uma maior vazão que a dos pontos de amostragem à sua montante o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) ainda possui maior concentração de sólidos totais. Isto porque entre os Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) existe uma área devastada, como pode ser observado na Figura 4, cujo solo acaba por ser transportado para o leito do Córrego Água da Bomba por meio do Córrego do Laticínio e outro tributário do Córrego Água da Bomba.

Ao se observar os valores do Quadro 10, nota-se que a erosão no trecho entre os Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) é bastante preocupante. O Córrego Água da Bomba vem do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) 185,5 mg/L de sólidos totais e mesmo com o despejo das águas do Córrego do Laticínio de 151,8 mg/L de sólidos totais há um aumento da concentração de sólidos no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) para 230,6 mg/L em média. Portanto, ao invés de se autodepurar o Córrego Água da Bomba vem sofrendo poluição por transporte de sólidos ao longo do seu percurso, provavelmente pelo uso indevido do solo. Quanto aos pontos dos afluentes, Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio), verifica-se através dos valores de desvio padrão do Quadro 10 que o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) tem um desvio padrão discrepante aos dos outros pontos, diferentemente do Ponto 4 (Córrego do Laticínio). Esta discrepância pode ser observada na Figura 25 na coleta do mês de março, quando ocorre um período de seca.

No período de seca a concentração de sólidos totais diminui bruscamente, atingindo um valor inferior a de todos os outros pontos de amostragem, como pode ser observado na Figura 25. Portanto, a explicação provável para este comportamento é de que o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) sofre grande transporte de

material sólido de sua área de drenagem, atestando o que a foto da Figura 11, datada de 22 de janeiro de 2005, ilustra.

Na Figura 26, está ilustrada a distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, separando-se os períodos seco e chuvoso, facilitando a visualização e o entendimento da influência das precipitações na concentração de sólidos totais.

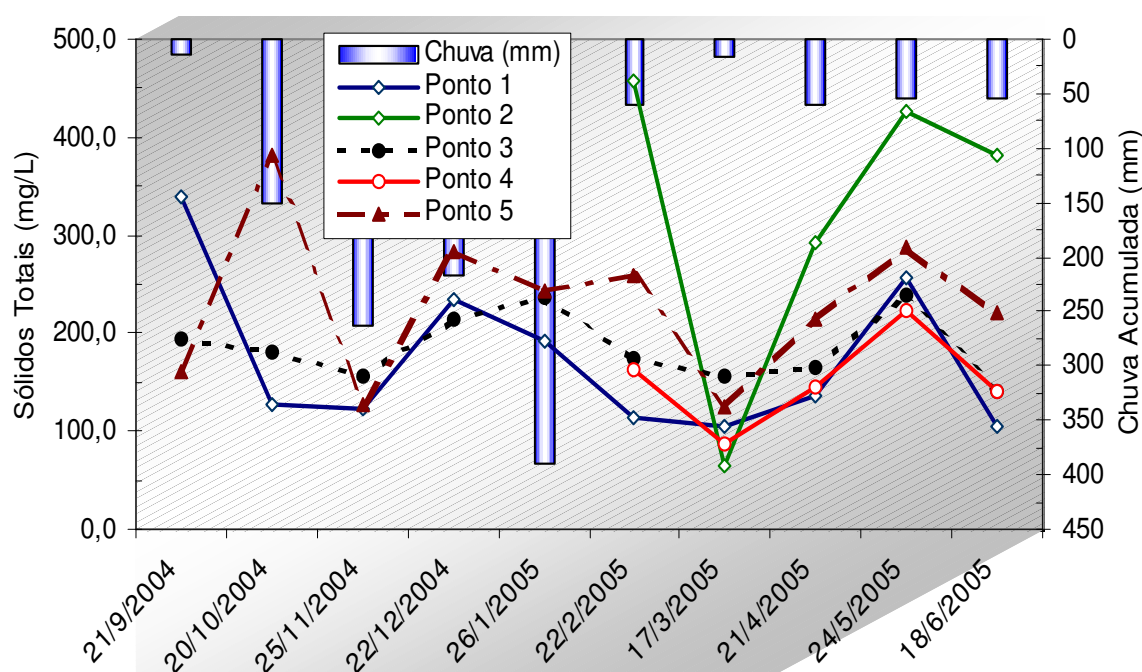


FIGURA 25. Variação espacial e temporal de sólidos totais nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Ao se analisar a Figura 26, percebe-se que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) não acompanha o comportamento dos outros pontos de amostragem dos mananciais. Seus valores médios do período seco, assim como sua mediana são superiores aos valores de concentração de sólidos totais no período chuvoso. Para que isto ocorra, vários fatores são responsáveis para que ocorra este evento, dentre eles podem ser determinantes a proteção que a mata ciliar ao entorno exerce para que não haja o transporte de solo para o leito do manancial e o fato de não sofrer influência do Efluente Final da ETE, assim como dos Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba). Enfim, o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é o único dos

pontos de amostra dos mananciais em que se faz sentir o efeito da diluição com o aumento das chuvas, pois este sofre menor impacto do arraste de solos em sua área de drenagem e de despejos pontuais.

QUADRO 10. Resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS                  | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS |               |              | DESVIO PADRÃO |
|-------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|---------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L)                  | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |               |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 106,0                          | 340,0         | 173,5        | 79,71         |
| Ponto 2 - CSN           | 64,0                           | 458,4         | 324,5        | 158,47        |
| Ponto 3 (Jusante) – CB  | 140,0                          | 238,0         | 185,5        | 34,19         |
| Ponto 4 - CL            | 86,0                           | 224,0         | 151,8        | 49,68         |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 124,0                          | 382,0         | 230,6        | 79,81         |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

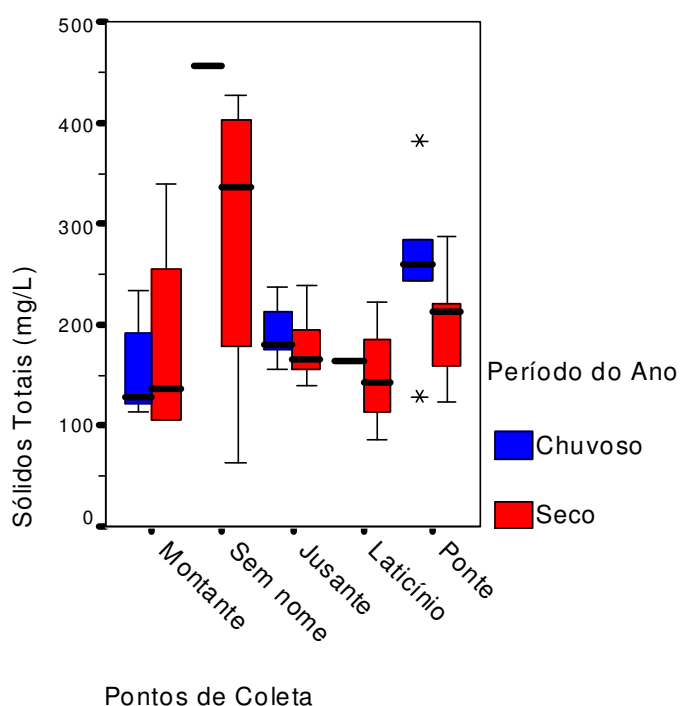


FIGURA 26. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Totais nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não faz qualquer alusão ao parâmetro de concentração de sólidos totais, mas este é um parâmetro importante na determinação do IQA e de acordo com a Figura 27, o valor ótimo de concentração de sólidos totais para o IQA é de 50mg/L.

Para se analisar a influência das concentrações médias de sólidos totais comparou-se no Quadro 11 os valores de  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS MÉDIOS}}$  determinados através do gráfico da Figura 27, com auxílio da ferramenta AutoCad 2000 com o valor ideal e de pior condição.

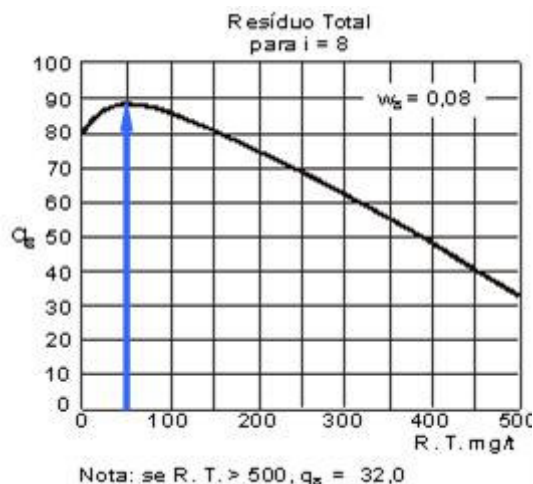


FIGURA 27. Curva de Sólidos Totais para o IQA.

QUADRO 11. Valores médios dos pontos de amostragem, valor ideal e de pior condição de concentração de sólidos totais para determinação do IQA. Valores de  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$  determinados através do gráfico da Figura 26, e porcentagem do valor de  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$  em relação ao valor ideal.

| DISCRIMINAÇÃO           | SÓLIDOS TOTAIS MÉDIA (mg/L) | $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS MÉDIOS}}$ | $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS MÉDIOS}} (\%)$ |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|
| Valor Ideal             | 50,0                        | 88                                 | 100                                     |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 173,5                       | 77                                 | 88                                      |
| Ponto 2 – CS            | 324,5                       | 60                                 | 68                                      |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 185,5                       | 76                                 | 86                                      |
| Ponto 4 – CL            | 151,8                       | 81                                 | 92                                      |
| Ponto 5 (Ponte) CB      | 230,6                       | 71                                 | 81                                      |
| Pior Condição           | > 500                       | 32                                 | 36                                      |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Analisando-se as porcentagens de  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$  em relação ao valor ideal de concentração de sólidos totais no Quadro 11, verifica-se que o ponto de amostragem em melhores condições do Córrego Água da Bomba é o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), que fica 12% aquém do valor ideal para  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$ . Já em se tratando dos afluentes Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) apresenta uma diferença de 40% do valor ideal para  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$  e 24% acima da situação de pior condição, estando mais próximo de uma realidade ruim que da ideal e o Ponto 4 (Córrego do Laticínio) apresenta uma



proximidade mais próxima do ideal que os outros pontos de amostragem, estando a 8% do valor de  $q_{\text{SÓLIDOS TOTAIS}}$  ideal.

Enfim, tendo-se verificado que as condições da microbacia, no trecho analisado, não são ideais para a concentração de sólidos totais nos recursos hídricos, propõe-se para a melhora das condições atuais a aplicação de técnicas de terraceamento na área de degradação ilustrada na Figura 4, além de uma recomposição da mata ciliar ao longo do percurso do Córrego Água da Bomba e seus afluentes. Tais medidas diminuiriam o surgimento de erosões e conseqüentemente o assoreamento dos recursos hídricos.

### **5.2.2. Sólidos em Suspensão**

Os sólidos em suspensão geralmente são compostos por areias, siltes, microorganismos e restos de pequenos animais e vegetais, possuindo diâmetro superior a 10 $\mu$ m. Os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem-se em um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, pois pode ocasionar sérios problemas de obstrução física em sistemas de irrigação localizada (VANZELA, 2004).

Tais problemas de irrigação também devem servir de alerta para o setor de abastecimento público, cuja qualidade da água deve ser ainda maior em função do uso.

#### **5.2.2.1. Pontos de amostragem da ETE**

Para melhor visualizar o comportamento dos sólidos em suspensão ao longo do tempo foram elaborados gráficos que correlacionam períodos de chuvas e o parâmetro sólidos totais em cada ponto de coleta da ETE.

No gráfico da Figura 28 foram traçadas curvas de concentração de sólidos em suspensão, correlacionando as amostragens datadas com as chuvas acumuladas em cada período. Com isto, pode-se observar uma tendência de diminuição da concentração de sólidos em suspensão com o aumento das chuvas, a não ser no período de 20/10/04 a 22/12/04, período chuvoso, em que tanto o Esgoto Bruto como o Efluente Final sofrem um aumento da concentração de sólidos dissolvidos e no período de 21/04/05 a 24/05/05., período seco, em que ocorre uma diminuição da

concentração de sólidos em suspensão. A estas coletas se chamarão coletas anômalas.

Apesar de apresentarem comportamentos similares na Figura 28, o Esgoto Bruto e o Efluente Final, provavelmente não sofrem efeito de uma única causa. O esgoto Bruto deve ter sofrido efeito de ligações clandestinas de águas pluviais na malha de esgotos da cidade de Regente Feijó, ocasionando efeito de diluição, mas o Efluente Final além de sofrer efeito de um esgoto bruto mais diluído, também pode ter sofrido efeito da diluição de flocos de algas.

Observou-se, em coletas de períodos secos a existência de material sobrenadante esverdeado na lagoa facultativa e de acordo com VON SPERLING (1996a) é muito comum a formação desse sobrenadante em lagoas facultativas devido à superflotação de algas e despreendimento de lodo de fundo da lagoa em períodos secos, não ocorrendo em períodos chuvosos porque as gotas de chuva desmancham os flocos de algas. Portanto, os sólidos em suspensão dos flocos de algas provavelmente foram desmanchados pelas chuvas e revolvidos na água transformando-se, em parte, em sólidos dissolvidos ou sedimentando na lagoa.

Explicado então o efeito das diluições, como se explicam os dados das coletas anômalas?

No período chuvoso, nas amostragens dos dias 20/10/04 e 22/12/04, em que houve aumento dos sólidos suspensos, possivelmente o efeito das chuvas na malha de rede de esgotos já não existia mais no momento da coleta (20/10/04 e 22/12/04 não houve precipitação e no dia 21/12/04 choveu apenas 4,5mm) e quanto ao Efluente Final, o sobrenadante da lagoa provavelmente estava localizado próximo ao Ponto 2 (Efluente Final), posto que o sobrenadante (flocos de algas) é flutuante e sua localização alterna conforme o rumo do vento. Em algumas coletas pôde-se observar o sobrenadante distante e outras vezes na própria saída da lagoa em que se faziam as amostragens. Já no período em que ocorreu diminuição da concentração de sólidos em suspensão em período seco, dias 21/04/05 e 24/05/05, possivelmente ocorreu que a coleta sofreu influência de chuva na rede de esgotos (19/04/05 choveu 4,5mm e 20/04/05 choveu 31,5mm, 23/05/05 choveu 5,5mm e 24/05/05 choveu 54,3mm) e o sobrenadante da lagoa facultativa provavelmente estava localizado longe do Ponto 2 (Efluente Final).

Quanto à eficiência de remoção de sólidos dissolvidos, o Quadro 12 mostra uma eficiência média de remoção de 63% na ETE, considerada uma remoção acima da média por JORDÃO e PESSÔA (1995) que sugerem uma remoção entre 40 e

60% para decantadores, sendo valores inferiores a 40% resultantes de má operação, subdimensionamento ou sobrecarregamento da unidade. Percebe-se então que a ETE composta por lagoas tem uma capacidade de remoção de sólidos em suspensão maior que a de um decantador. O Quadro 12 também evidencia uma grande diferença entre máximos e mínimos de concentrações de sólidos em suspensão. No Ponto 1 (Esgoto Bruto) a diferença entre a concentração máxima e a mínima foi de 86% e no Ponto 2 (Efluente Final) foi de 88%, evidenciando a discrepância entre valores, provavelmente por influência dos fatores supracitados.

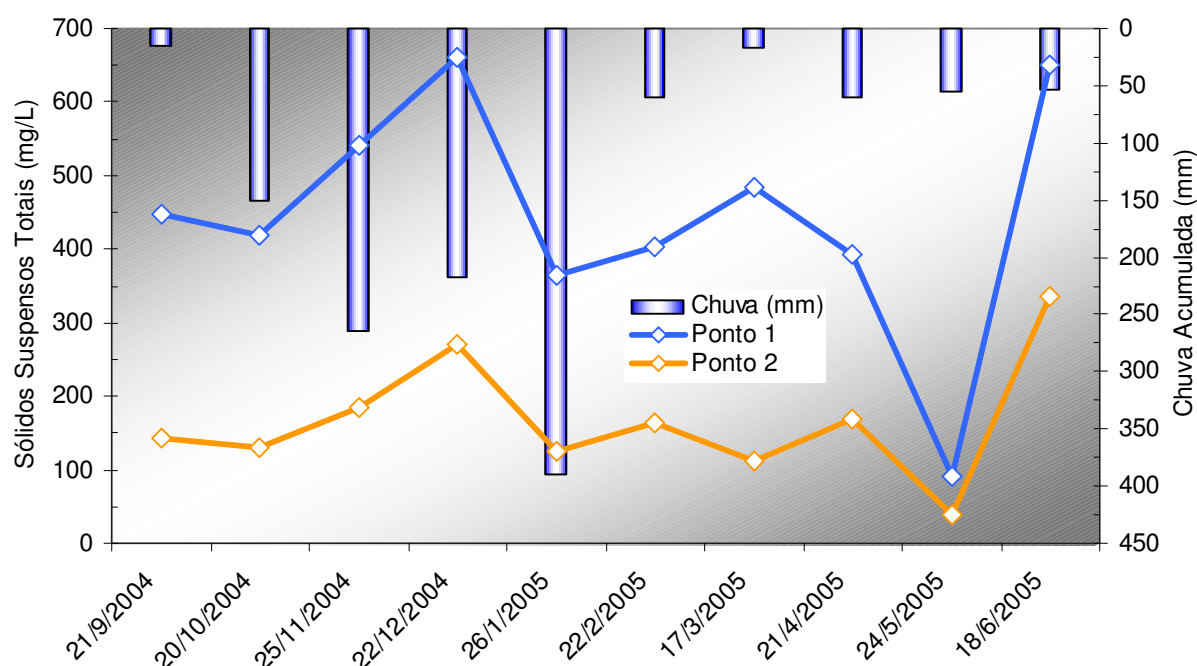


FIGURA 28. Variação espacial e temporal de Sólidos Suspensos nos pontos de amostragem da ETE.

QUADRO 12. Resultados de Concentração de Sólidos Suspensos nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS |               |              | EFICIÊNCIA MÉDIA DE REMOÇÃO (%) |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|---------------------------------|
|                      | MÍNIMO (mg/L)                     | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |                                 |
| Ponto 1 - EB         | 90                                | 661           | 446          | 63                              |
| Ponto 2 - EF         | 38                                | 335           | 167          |                                 |

EB - Esgoto Bruto; EF - Efluente Final da ETE.

Na Figura 29 os períodos seco e chuvoso estão divididos e ilustram para cada ponto as médias, medianas, máximos e mínimos de concentração de sólidos em suspensão. Como já foi citado, existe uma discrepância entre alguns máximos e mínimos e por conta disso alguns máximos e mínimos não foram mostrados na

Figura 29, para que a visualização do gráfico não fosse prejudicada. A Figura 29 não confirma a tendência de que durante o período chuvoso a média dos valores de concentração de sólidos em suspensão são menores que a média no período seco, conforme analisado visualmente no gráfico da Figura 28, tanto no Ponto 1 (Esgoto Bruto), como no Ponto 2 (Efluente Final). Os valores dos períodos anômalos influenciaram as médias a ponto de alterarem o resultado do gráfico da Figura 29. Isto tanto é verdadeiro, que a mediana do Ponto 1 (Esgoto Bruto) não acompanha o comportamento das médias, confirmando a análise feita sobre o gráfico da Figura 28 de que os sólidos em suspensão acabam por se diluírem com as chuvas. A mediana da concentração de sólidos em suspensão do Ponto 1 (Esgoto Bruto) no período chuvoso é inferior a do período seco.

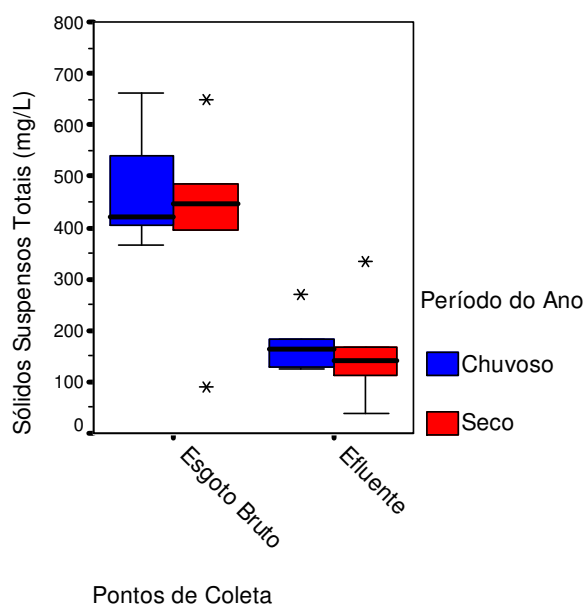


FIGURA 29. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Apesar de se mostrar dentro dos padrões de eficiência para remoção de sólidos suspensos, a ETE apresenta na lagoa facultativa o problema de superflotação de algas no período seco, como citado anteriormente, mas de acordo com VON SPERLING (1996a), este problema pode ser solucionado através da aspersão de água com mangueira.

#### 5.2.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

O Gráfico da Figura 30 ilustra as condições de concentração de sólidos em suspensão variando temporal e espacialmente no Córrego Água da bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio localizados na Microbacia do Córrego Água da

Bomba, objetivando comparar essas concentrações com as precipitações dos intervalos entre cada coleta de água.

Analisando-se a figura 30, tem-se a nítida percepção de que as concentrações de sólidos em suspensão aumentam de acordo com as chuvas e conseqüentemente com as vazões. Os três pontos de coleta localizados no Córrego Água da Bomba apresentam comportamentos similares, aumentando a concentração de sólidos em suspensão durante os períodos chuvosos e diminuindo durante os períodos secos. Entretanto o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) apresenta pequenas distorções em relações aos outros dois pontos de amostragem Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da bomba) no período seco. Tal diferença de comportamento do Ponto 1 (Montante - Água da Bomba) no período seco pode ser resultado de esgotos clandestinos como o de um lava jato existente à beira da nascente do Córrego do Beija Flor (afluente do Córrego Água da Bomba). Este lava jato despeja seu esgoto a céu aberto e este à montante do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba).

Com a vazão dos córregos diminuída nos períodos secos, o despejo de esgoto clandestino terá maior concentração nas águas dos mananciais. Com isto, provavelmente a alta variação de concentrações de sólidos em suspensão no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) durante o período seco seja em função dos despejos de esgotos clandestinos. Dependendo dos horários de coleta as vazões de esgotos clandestinos aumentam ou diminuem, alterando os resultados.

Outro comportamento que chama a atenção é o comportamento dos Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), que têm como maior concentração de sólidos em suspensão durante o período chuvoso a do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da bomba) e durante o período seco a do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). Ou seja, durante a seca a autodepuração do Córrego Água da Bomba é eficiente a ponto de diminuir a concentração de sólidos em suspensão no trecho do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), porém com a ação das chuvas a descarga sólida aumenta de tal modo que a autodepuração não é suficiente para diminuir a concentração de sólidos dissolvidos nestes 2,56km de extensão. Analisando-se as médias do Quadro 13, os valores das concentrações de sólidos em suspensão nos Pontos 3 (Montante - Córrego Água da bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) são praticamente iguais e isto não ocorre quando verificadas, data a data, todas as coletas na Figura 30.

Em se tratando do Ponto 2 (Córrego Sem Nome), observando-se a Figura 30, nota-se que na coleta de 17/03/05, cujo valor de precipitação do intervalo anterior foi de apenas 16,8mm, houve uma queda da do valor de concentração de sólidos em suspensão de 56,12mg/L para 52,00mg/L, num total de 7,34%. As variações de concentração de sólidos em suspensão no Ponto 2 (Córrego Sem Nome) não é tão representativa como nos outros pontos, por apenas apresentar dados colhidos em épocas de menor pluviosidade, porém é possível se notar variações nas concentrações de sólidos em suspensão na Figura 30, ainda que pequenas, acompanhando o comportamento das chuvas. Pode se afirmar que quando se diminuem as chuvas, a concentração de sólidos em suspensão diminuem, deixando evidente o aumento do carreamento de solo para o leito do Córrego Sem Nome com o aumento das chuvas. Como já citado anteriormente, o Córrego sem Nome sofre influência de uma área cultivada com algodão, que de acordo com Schulz et al (2003) possui uma perda de  $24,8\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

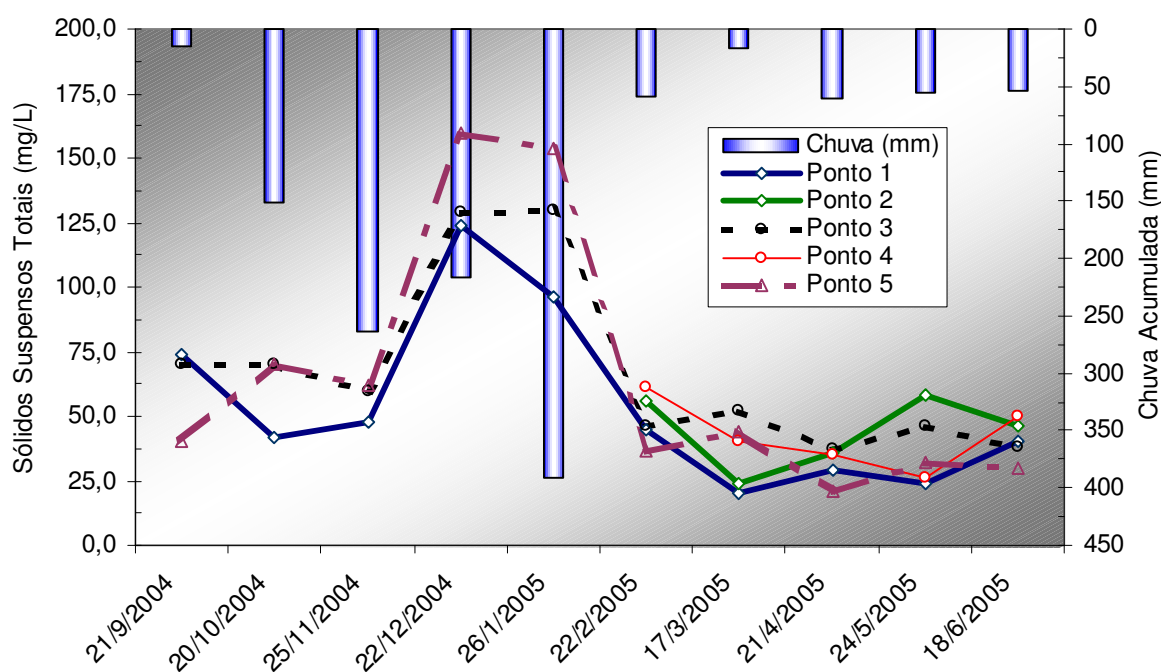


FIGURA 30. Variação espacial e temporal de Sólidos em Suspensão nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Quanto ao Ponto 4 (Córrego do Laticínio), assim como o Ponto 2 (Córrego Sem Nome) as variações de concentração de sólidos em suspensão não são tão representativas, por apenas apresentar dados colhidos em épocas de menor pluviosidade, porém é possível se notar variações nas concentrações de sólidos em

suspensão na Figura 30, ainda que pequenas, acompanhando o comportamento das chuvas.

Através do Quadro 13, tem-se os resultados de concentração de sólidos em suspensão nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, e comparando-se os dados médios de concentração de sólidos em suspensão com os valores de sólidos totais do Quadro 10, percebe-se que os sólidos em suspensão são apenas uma pequena parte dos sólidos totais. Porém, esta pequena parte é responsável pelo aumento da turbidez da água e pode carregar agrotóxicos e pesticidas para os leitos dos mananciais (BRAGA et al, 2002), daí a necessidade de se dar a mesma importância aos sólidos em suspensão que aos sólidos totais e dissolvidos.

Mesmo sendo pequena parcela na totalização dos sólidos totais, os sólidos em suspensão apresentam altas variações, analisando-se os valores de desvios padrões do Quadro 13. Mesmo o menor desvio padrão, o do Ponto 4 (Córrego do Laticínio), representa 31,93% do seu valor médio. Demonstrando que os sólidos em suspensão na Microbacia do Córrego Água da Bomba é bastante susceptível a variações hidrológicas, assim como pode ser observado na Figura 31, que ilustra a distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso. Através da Figura 31 pode-se observar que com o aumento das chuva ocorre o aumento do carreamento de partículas sólidas para o leito dos mananciais. Não somente as médias de concentração de sólidos suspensos são superiores às da seca, mas também as medianas em todos os pontos de amostragem, conforme nota-se pela Figura 31.

QUADRO 13. Resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO |               |              | DESVIO PADRÃO (mg/L) |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------|----------------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L)                        | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |                      |
| Ponto 1 (Montante) – CB | 20,0                                 | 124,0         | 54,2         | 33,67                |
| Ponto 2 – CSN           | 24,0                                 | 58,0          | 44,0         | 14,24                |
| Ponto 3 (Jusante) – CB  | 37,0                                 | 130,0         | 67,8         | 34,49                |
| Ponto 4 – CL            | 26,0                                 | 61,0          | 42,4         | 13,54                |
| Ponto 5 (Ponte) – CB    | 21,0                                 | 160,0         | 65,0         | 50,67                |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

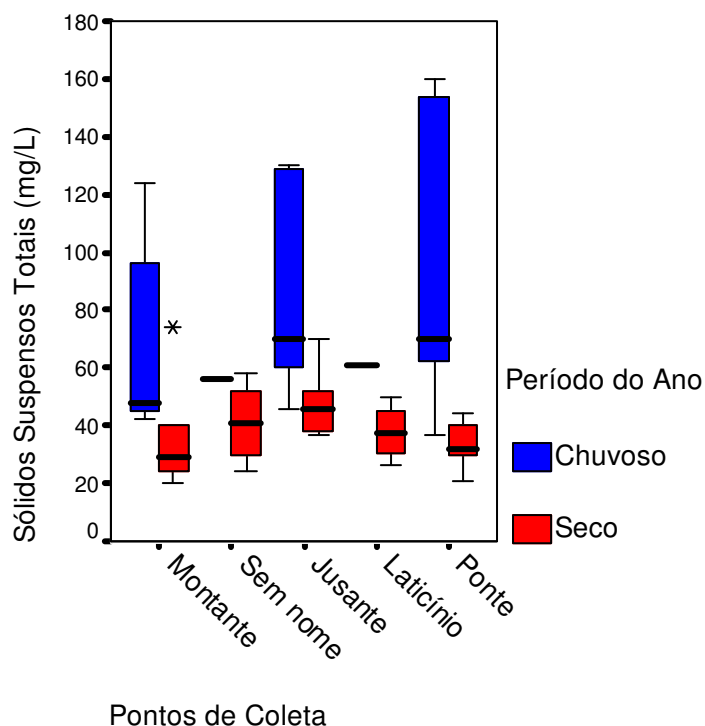


FIGURA 31. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

Para se controlar o carreamento de partículas de sólidos em suspensão para os leitos dos mananciais, pode-se utilizar técnicas de terraceamento, técnicas de plantio direto ao invés do uso de técnicas como a de tombamento para o cultivo do algodão localizado próximo ao Ponto 2 (Córrego Sem Nome). Também é importante a reconstituição da mata ciliar para que se possam diminuir as erosões e conseqüentemente o assoreamento e a perda de solo da bacia por escoamento.

### 5.2.3. Sólidos Dissolvidos

De acordo com AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998), os sólidos dissolvidos são todas as substâncias que não ficaram retidas na filtração e permaneceram após total secagem de determinado volume de amostra. Quanto ao diâmetro, VANZELA (2004) afirma que os sólidos dissolvidos têm diâmetro inferior a  $10^{-3}\mu\text{m}$  e comumente são compostos por sais e matéria orgânica e ainda preocupado com prováveis problemas de entupimento em equipamentos e emissores de irrigação, afirma que dificilmente os sólidos dissolvidos causam algum tipo de obstrução física nos equipamentos, no entanto, havendo interação com



outros sais formando precipitados ou favorecendo o crescimento de lodo, pode causar obstrução de emissores.

### 5.2.3.1. Pontos de amostragem da ETE

Para melhor visualizar-se o comportamento dos sólidos dissolvidos ao longo do tempo, foram elaborados gráficos que correlacionam períodos de chuvas e o parâmetro sólidos totais em cada ponto de coleta da ETE.

Analisando-se a Figura 32 percebe-se uma semelhança muito grande com a Figura 23, que trata do comportamento da concentração de sólidos totais temporal e espacialmente. Tal semelhança que ocorre entre os sólidos dissolvidos e os totais não ocorre com os sólidos em suspensão. Os sólidos dissolvidos são a parte integrante dos sólidos totais mais expressiva nas águas residuárias da ETE de Regente Feijó, como nota-se pelo Quadro 14, que denota quais as porcentagens de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos compõem os valores médios dos pontos de amostragem da ETE. Com isto, o comportamento dos sólidos dissolvidos torna-se mais próximo ao dos sólidos totais do que o comportamento dos sólidos em suspensão.

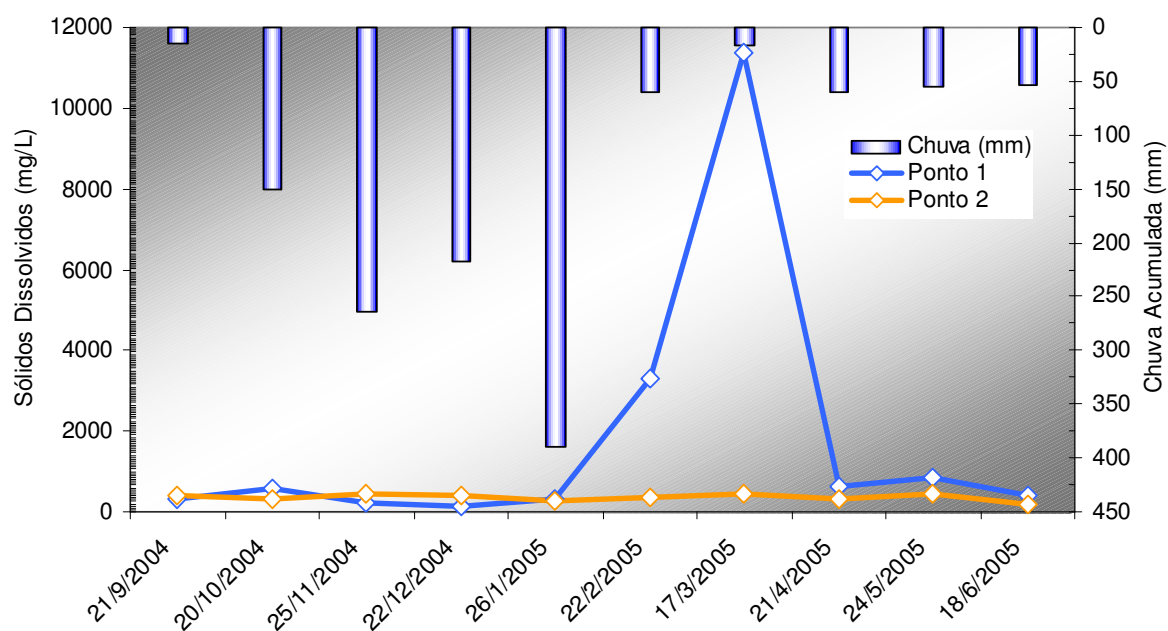


FIGURA 32. Variação espacial e temporal de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE.

QUADRO 14. Composição das concentrações médias dos sólidos totais nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | COMPOSIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS SÓLIDOS TOTAIS |                     |
|--------------------------|--|---------------------|
|                          | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO                                   | SÓLIDOS DISSOLVIDOS |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 20%  | 80%                 |
| Ponto 2 - Efluente Final | 32%  | 68%                 |

Semelhantemente à Figura 23 (variação da concentração de sólidos totais) a Figura 32 apresenta uma variação da concentração de sólidos dissolvidos no Ponto 1 (Esgoto Bruto) mais explícita, sendo os meses de fevereiro e maio de baixa pluviosidade. Possivelmente isto ocorra devido a existência de ligações clandestinas de águas pluviais na malha de redes de esgoto, diluindo o esgoto bruto. Excluídos estes meses, comportamento do Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE) é mais constante. Já quanto ao Ponto 2 (Efluente Final - ETE), mesmo nas amostragens críticas (fevereiro e março) de sólidos dissolvidos no esgoto bruto, o efluente final manteve a qualidade do tratamento, mostrando a estabilidade do sistema de tratamento em relação ao parâmetro de sólidos dissolvidos, acompanhando o comportamento dos sólidos totais.

De acordo com o Quadro 15, que apresenta resultados de concentração de sólidos dissolvidos, o desempenho médio da ETE para remoção de sólidos dissolvidos encontrado foi de 81%, resultando num valor médio de 352mg/L de sólidos dissolvidos no efluente final da ETE. Em termos percentuais a ETE apresentou uma eficiência maior para os sólidos dissolvidos que para os totais e os em suspensão.

QUADRO 15. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (MG/L) |               |              | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) |
|----------------------|---|---------------|--------------|---------------------------|
|                      | MÍNIMO (mg/L)                                     | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |                           |
| PONTO 1 - EB         | 151   | 11376         | 1815         | 81                        |
| PONTO 2 - EF         | 161   | 460           | 352          |                           |

EB - Esgoto Bruto; EF - Efluente Final da ETE.

Para se verificar a influência das chuvas com maior precisão que na Figura 32, o gráfico da Figura 33 foi elaborado agrupando os valores médios de

concentração de sólidos dissolvidos em períodos seco e chuvoso. Deste modo, percebe-se que os maiores valores médios das concentrações de sólidos dissolvidos tanto no Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE) como no Ponto 2 (Efluente Final - ETE) se encontram no período seco. Sendo que as maiores variações entre as medianas ocorrem no Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE), atestando possível diluição do esgoto bruto com a influência da chuva por meio de ligações clandestinas de água pluviais. Já no Ponto 2 (Efluente Final - ETE), onde as diferenças entre as medianas na Figura 33 são apresentadas como sendo menores que no Ponto 1 (Esgoto Bruto - ETE), vale a análise feita anteriormente de que mesmo nas amostragens críticas (fevereiro e março) de sólidos dissolvidos no esgoto bruto, o efluente final manteve a qualidade do tratamento, mostrando a estabilidade do sistema de tratamento em relação ao parâmetro de sólidos dissolvidos.

Mesmo tendo um sistema de tratamento estável e eficiente em 81% para remoção de sólidos em suspensão, ainda são lançados ao Córrego Água da Bomba 352mg/L de sólidos dissolvidos, que assim como os sólidos em suspensão podem ter ainda melhoradas as condições de tratamento. Uma solução viável seria a recirculação de uma parcela do efluente final aumentando o tempo de retenção hidráulica e diluindo o esgoto bruto, reduzindo a concentração de sólidos.

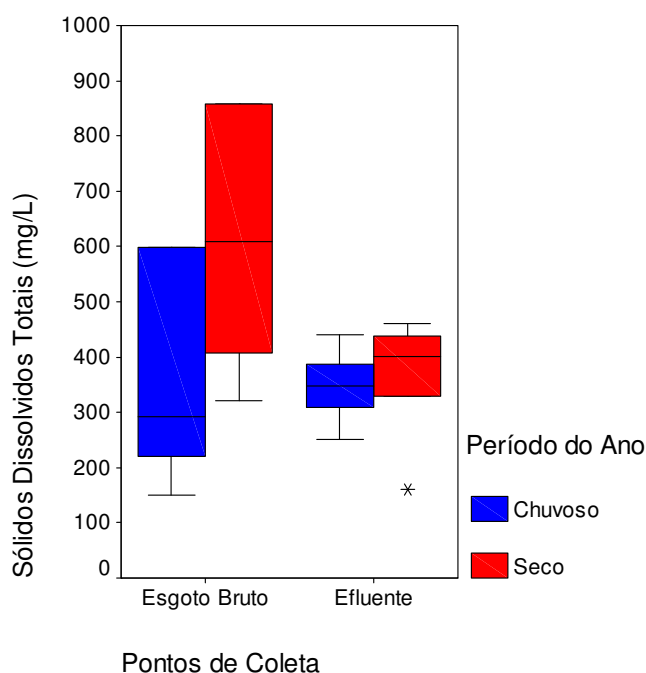


FIGURA 33. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

### 5.2.3.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

Do mesmo modo que na ETE, o comportamento dos sólidos dissolvidos nos mananciais acompanha o comportamento dos sólidos totais. A Figura 34, que trata do comportamento da concentração de sólidos dissolvidos temporal e espacialmente, se comparada com a Figura 25, que trata do comportamento da concentração de sólidos totais, apresentam diferenças apenas nos valores de concentração, sendo o comportamento das curvas dos pontos de amostragem muito semelhantes. Isto porque a concentração de sólidos dissolvidos atinge até 86% da composição de sólidos totais no Ponto 2 (Córrego Sem Nome), como pode se observar no Quadro 16, onde estão relacionadas as percentuais de composição da concentração média de sólidos totais. Daí a explicação para que os sólidos dissolvidos tenham comportamentos tão semelhantes aos dos sólidos totais variando com o espaço e o tempo.

A variação da concentração de sólidos dissolvidos se deve às mesmas causas já citadas no item 5.2.1.2 sobre a variação da concentração de sólidos totais. Entretanto apenas o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) apresenta características diferentes na Figura 34 em relação à Figura 25 e como pode se observar através do Quadro 16, a relação entre sólidos dissolvidos e sólidos totais é a menor de todos os pontos, sendo de 63%. Na data da coleta de 22/12/04, existe uma diferença do gráfico da Figura 34 com o da Figura 25, em relação ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), pois quando aumenta a quantidade de sólidos totais diminui a quantidade de sólidos dissolvidos. Nesta mesma data ocorreu o maior pico de concentração de sólidos em suspensão, não tendo chovido no local durante o dia 22/12/04, tendo chovido 4,5mm no dia anterior e 216,70mm no período que antecedeu esta coleta. Percebe-se que mesmo não tendo chovido nos dias antecedentes, o leito dos mananciais provavelmente ainda sofria influência do nível do lençol freático, porque a vazão do Ponto 3 (Jusante - Água da Bomba) nesta data foi a maior de todas as amostragens, como pode se observar na Figura 21. Por conta disso ocorreu a diluição dos sólidos dissolvidos nesta data de amostragem. Verifica-se, analisando-se as Figuras 31 e 35, que ilustram a distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos em Suspensão e Dissolvidos consecutivamente nos pontos de amostragem dos mananciais entre os períodos seco e chuvoso, que nos períodos chuvosos os sólidos dissolvidos se diluem e a concentração de sólidos em suspensão aumenta. Este comportamento também foi

verificado por VANZELA (2004) que analisando a Microbacia do Córrego Três Barras no Município de Marinópolis, oeste do Estado de São Paulo, que também se encontrava em estado de degradação.

Há uma tendência de redução dos valores de concentração dos sólidos suspensos durante o período seco, sendo que os maiores valores de sólidos suspensos ocorreram no período chuvoso e os valores de concentração de sólidos dissolvidos aumentaram durante o período seco. O aumento de sólidos em suspensão provavelmente se deve ao transporte de sedimentos, que dentre outros fatores, depende do escoamento das águas da chuva e o aumento de sólidos dissolvidos possivelmente ocorre porque durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, ocorre o fenômeno inverso ao da diluição (VANZELA, 2004).

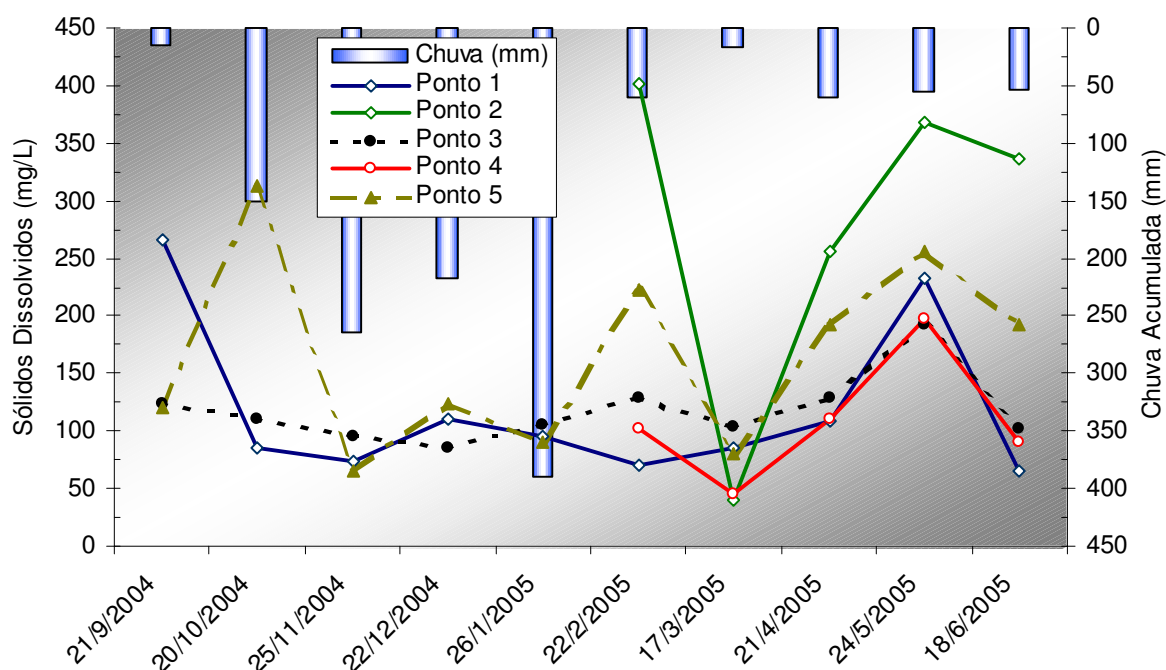


FIGURA 34. Variação espacial e temporal de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Assim como para os sólidos totais e os suspensos, os sólidos dissolvidos poluem os mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Mesmo tendo valores médios de sólidos dissolvidos (Quadro 17) abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 20/86 (2005), que fixa um valor máximo de 500mg/L, a

poluição por sólidos dissolvidos é evidente. Por isso, propõe-se que sejam feitas obras de terraceamento, reconstituição da mata ciliar nativa e utilização de técnicas de cultivo de plantio direto, evitando a utilização de plantio com técnicas de tombamento do solo, além de se melhorar ainda mais o tratamento de esgotos utilizando-se de técnicas como a da recirculação do efluente final.

QUADRO 16. Composição das concentrações médias dos sólidos totais nos pontos de amostragem dos pontos de amostragem dos mananciais.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | COMPOSIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE SÓLIDOS TOTAIS |                            |
|-------------------------|---|----------------------------|
|                         | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/L)                           | SÓLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L) |
| Ponto 1 (Montante) – CB | 31%   | 69%                        |
| Ponto 2 – CSN           | 14%   | 86%                        |
| Ponto 3 (Jusante) – CB  | 37%   | 63%                        |
| Ponto 4 – CL            | 28%   | 72%                        |
| Ponto 5 (Ponte) – CB    | 28%   | 72%                        |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

QUADRO 17. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS |               |              | DESVIO PADRÃO (mg/L) |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------|--------------|----------------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L)                       | MÁXIMO (mg/L) | MÉDIA (mg/L) |                      |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 66,0                                | 266,0         | 119,4        | 70,36                |
| Ponto 2 - CSN           | 40,0                                | 402,3         | 280,5        | 144,92               |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 85,0                                | 192,0         | 117,7        | 29,77                |
| Ponto 4 - CL            | 46,0                                | 198,0         | 109,4        | 55,43                |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 66,0                                | 312,0         | 165,6        | 82,42                |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

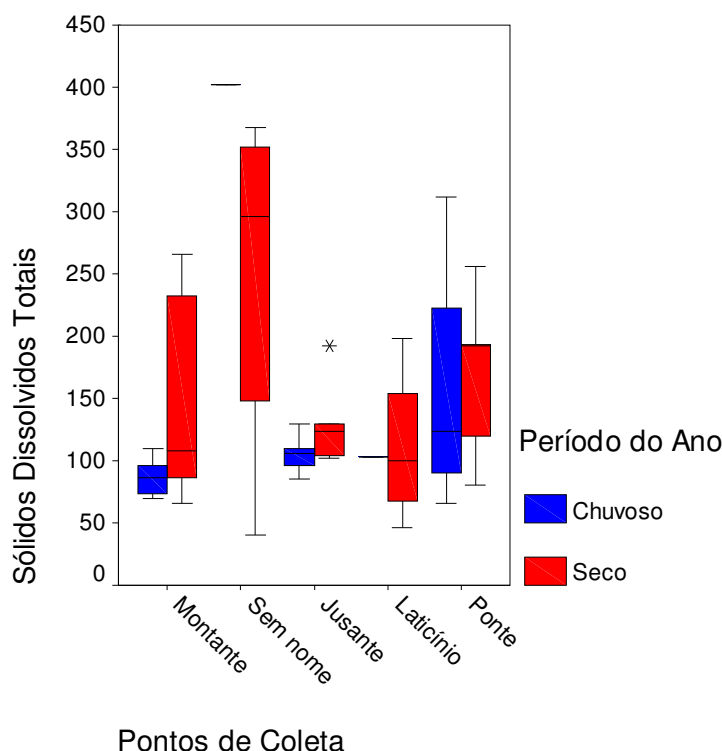


FIGURA 35. Distribuição dos resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

#### 5.2.4. Descarga Sólida Total

Visualizando-se a Figura 36, tem-se a variação espacial e temporal de Descarga Sólida Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, proporcionando observar que as maiores descargas sólidas ocorreram durante os períodos de maiores chuvas e conseqüentemente de maiores vazões dos mananciais. Este comportamento é reafirmado ao se verificar a Figura 37, que agrupa as médias de descargas sólidas em períodos seco e chuvoso. Apenas as médias dos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio) não coincidem com o comportamento dos outros pontos, porque neles a média de descarga sólida prevalece no período seco e não no chuvoso, se for analisada isoladamente a Figura 37. Porém pela Figura 36 percebe-se que o comportamento dos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio) segue o dos outros pontos de amostragem. Tal diferença na análise dos dois gráficos provavelmente se deve por estes dois pontos de amostragem terem sido analisados somente em período de baixa pluviosidade, acabando por influenciar uma distorção no gráfico da Figura 37.

Para facilitar o entendimento dos valores de descargas sólidas nos pontos de amostragem dos mananciais foram agrupados valores máximos, mínimos, médios e desvios padrões de cada ponto no Quadro 18. Verificando-se os valores médios, nota-se que existe um aumento da descarga sólida total média do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). Devido à pequena distância entre o ponto 1 e o ponto 3, o aumento da descarga sólida total deve ser resultado de um despejo pontual no Córrego Água da Bomba. Entre os pontos 1 e 2 existem apenas as descargas pontuais do Córrego Sem Nome e do efluente da ETE. A descarga sólida total média do Córrego Sem Nome, Ponto 2, pode ser observada no Quadro 18 como sendo de 9.023,30 kg/dia, então provavelmente os outros 28.689,70 kg/dia que não provém da jusante nem do Córrego Sem Nome são provenientes da ETE.

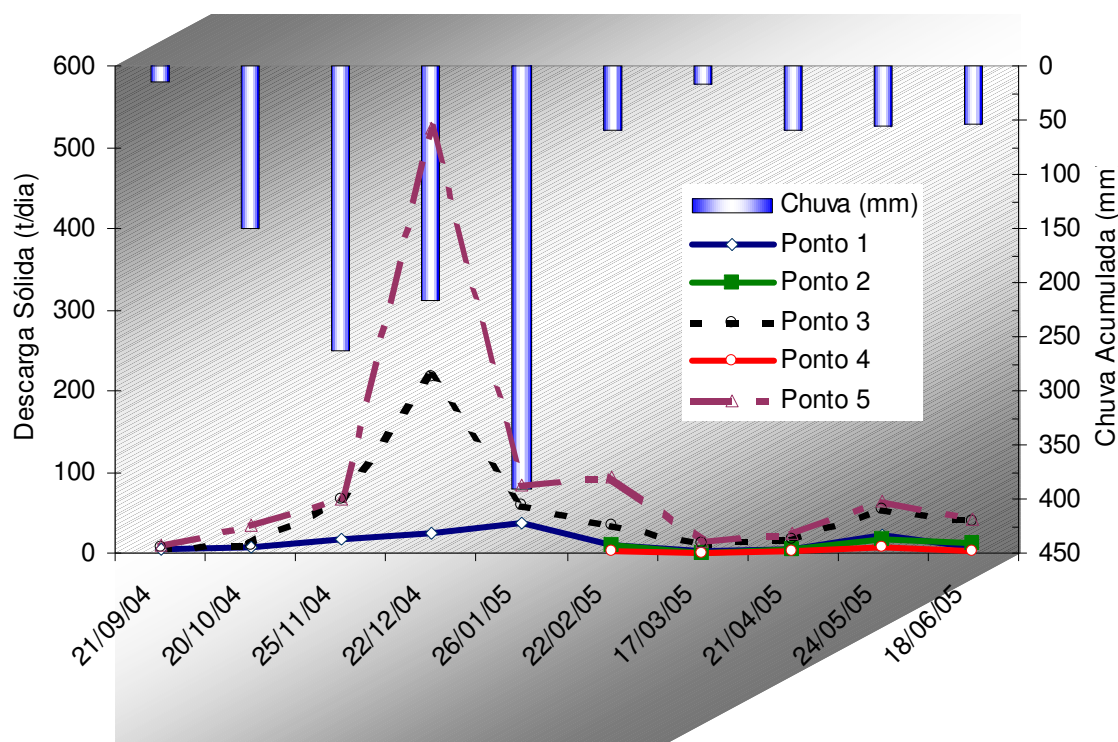


FIGURA 36. Variação espacial e temporal de Descarga Sólida Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Analisando-se o aumento de descarga sólida total média do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego do Laticínio), além da contribuição do Córrego do Laticínio, existe uma contribuição de descarga sólida total que pode ser influenciada pela perda de solo das pastagens e áreas erodidas



do trecho entre esses pontos, pois trata-se de uma área com poucos trechos de mata ciliar, onde se localizam pastagens e até uma plantação de algodão.

QUADRO 18. Distribuição dos resultados de descarga sólida total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | DESCARGA SÓLIDA TOTAL |                 |                | DESVIO PADRÃO (kg/dia) |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------|
|                         | MÍNIMO (kg/dia)       | MÁXIMO (kg/dia) | MÉDIA (kg/dia) |                        |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 1889,7                | 37465,8         | 13632,5        | 11275,48               |
| Ponto 2 – CSN           | 1165,9                | 16325,0         | 9023,3         | 5900,38                |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 6604,3                | 218268,7        | 51345,5        | 62505,04               |
| Ponto 4 – CL            | 811,0                 | 7401,3          | 3044,5         | 2588,35                |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 732,2                 | 522463,4        | 78143,2        | 157949,01              |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

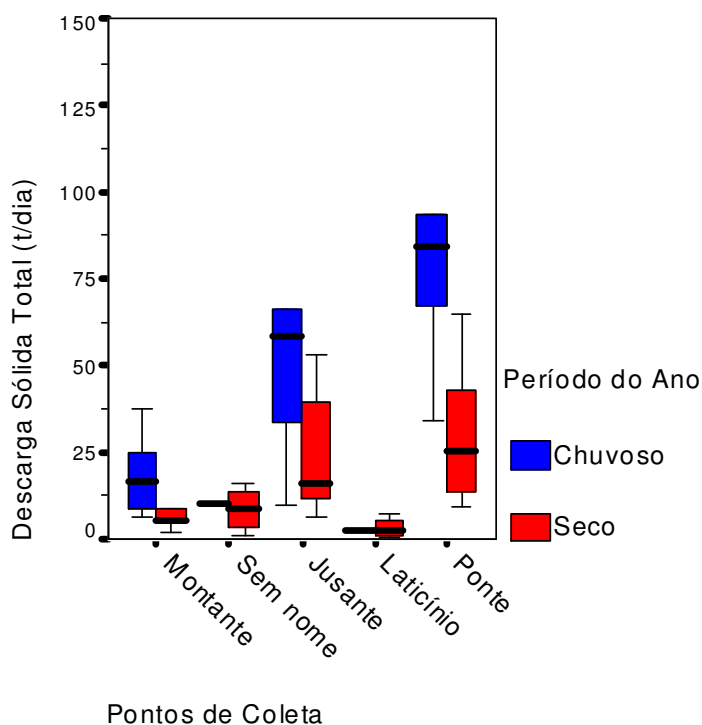


FIGURA 37. Distribuição dos resultados de Descarga Sólida nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

Considerando-se o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) como exutório da microbacia, a descarga sólida total da microbacia é de 78.143,2 kg/dia. Entretanto, como já foi dito, nem toda essa descarga sólida é referente à perda de solo, pois existe a contribuição da ETE, calculada em 28.689,70 kg/dia. Subtraindo-se a contribuição da ETE, encontra-se o valor de 49.453,50 kg/dia e sendo a área da

microbacia de 4.955,00 ha, chega-se o valor de 3,64 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de descarga sólida total média. Em caso de não se desconsiderar o despejo da ETE, contempla-se uma possível sedimentação dos sólidos no trecho entre o lançamento da ETE e o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da bomba), neste caso chega-se ao valor de 5,76 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de descarga sólida total média. SCHULZ et al (2003) elaborou uma tabela de perdas de solo associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo que pode servir como parâmetro de discussão dos resultados (Tabela 2).

TABELA 2. Perdas de solo associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo.

| <b>CULTURAS DE SOLO</b>               | <b>PERDAS DE SOLO (t . ha<sup>-1</sup> . ano<sup>-1</sup>)</b> |
|---------------------------------------|--|
| <b>Culturas Anuais</b>                |  |
| Algodão                               | 24,8   |
| Amendoim                              | 26,7   |
| Arroz                                 | 25,1   |
| Feijão                                | 38,1   |
| Milho                                 | 12   |
| Soja                                  | 20,1   |
| Outras                                | 24,5   |
| <b>Culturas Temporárias</b>           |  |
| Cana                                  | 12,4   |
| Mamona                                | 41,5   |
| Mandioca                              | 33,9   |
| <b>Culturas Permanentes</b>           |  |
| Banana                                | 0,9  |
| Café                                  | 0,9  |
| Laranja                               | 0,9  |
| Outras                                | 0,9  |
| <b>Outros Tipos de Ocupação</b>       |  |
| Pastagem                              | 0,4  |
| Vegetação                             | 0,4  |
| Reflorestamento                       | 0,9  |
| Áreas Críticas (Estrada e Periurbana) | 175  |
| Outras                                | 1  |

Fonte: SCHULZ et al (2003).

Nos dois casos, excluindo ou não, a contribuição da ETE, as condições de descarga sólida total não são favoráveis ao ecossistema aquático, pois de acordo com a Tabela 2, a perda de solo associada à vegetação é de 0,4 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, entretanto analisando pelo lado mais otimista verifica-se que a perda de sólido total da microbacia é bastante inferior a de plantações de culturas anuais e temporárias, como algodão e cana.

VANZELA (2004) observou em seus estudos que a distribuição de sedimentos no tempo está relacionada ao comportamento da vazão, ou seja, os maiores volumes de sedimentos são transportados pelas maiores vazões. Daí uma relação proporcional entre vazão e descarga sólida total. Segundo SANTOS et al (2001), embora esta relação não seja linear e sofra grandes variações no espaço e no tempo, esta relação permite associar a massa de sedimentos transportados na unidade de tempo, ou descarga sólida, às vazões líquidas ocorridas na estação de medição, originando a curva chave de sedimentos.

Neste caso foram confeccionadas curvas chaves de sedimentos para cada ponto de amostragem, devido às singularidades de cada um.

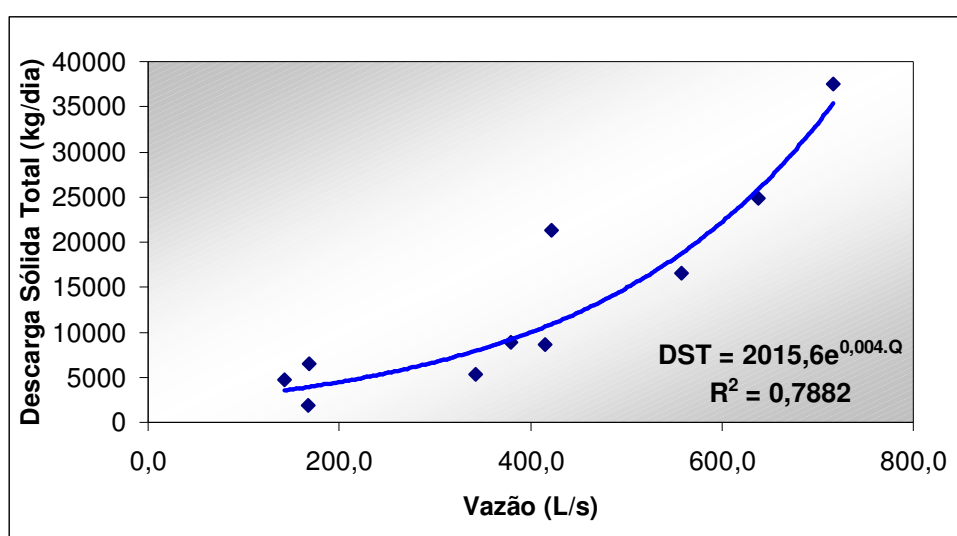


FIGURA 38. Curva chave de sedimentos do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba).

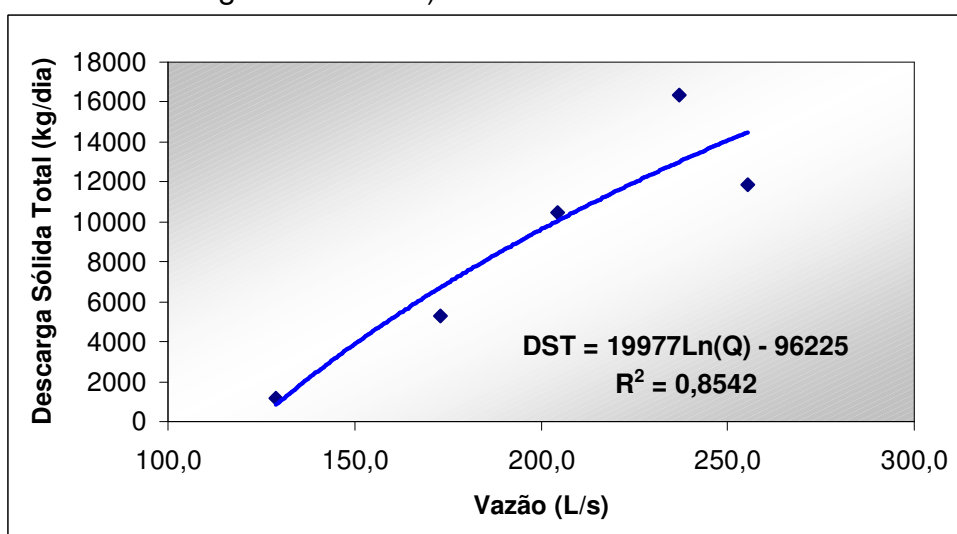


FIGURA 39. Curva chave de sedimentos do Ponto 2 (Córrego Sem Nome).

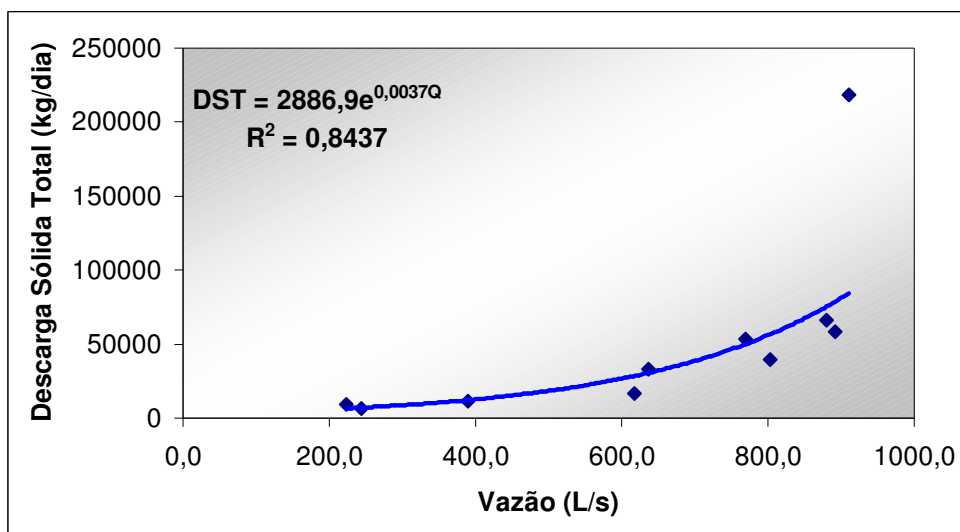


FIGURA 40. Curva chave de sedimentos do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba).

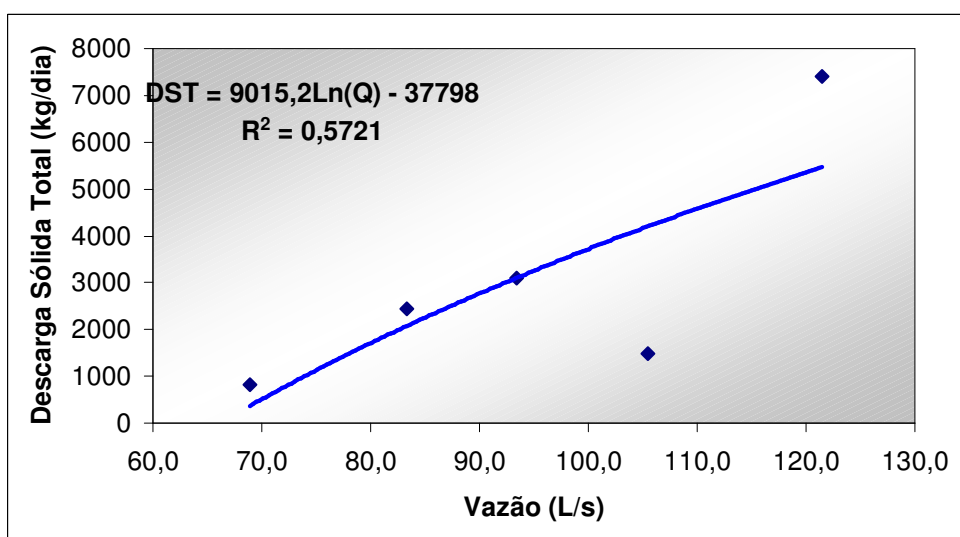


FIGURA 41. Curva chave de sedimentos do Ponto 4 (Córrego do Laticínio).

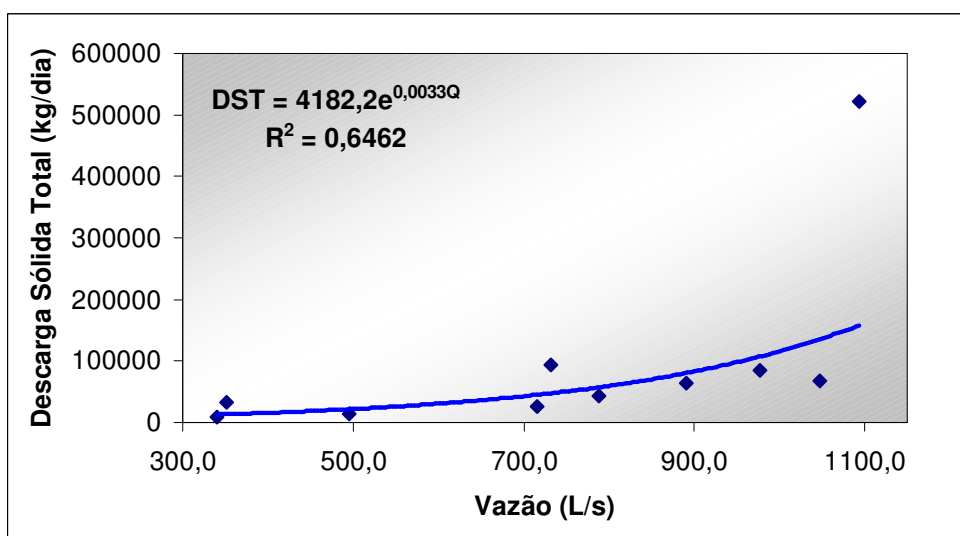


FIGURA 42. Curva chave de sedimentos do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba).

Visualizando-se as curvas chaves de sedimentos dos pontos de amostragem dos córregos, é possível perceber a tendência que os valores têm de assumir o formato de curvas exponenciais. Todavia, o Ponto 4 (Córrego do Laticínio) foi o que apresentou a curva ajustada com maior margem de erro, coeficiente de correlação de 0,5721, talvez pelo despejo eventual de resíduos do laticínio e carreamento de partículas de solo da área de degradação ilustrada na imagem de satélite da Figura 4.

### 5.3. PARÂMETROS FÍSICOS

#### 5.3.1. Temperatura

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoeletricas (CETESB, 2004).

Elevações de temperatura aumentam as taxas de reações químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido), daí a importância de se saber a temperatura (VON SPERLING, 1996c). Tais dados também são essenciais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade das Águas).

Pela Figura 43 que apresenta a variação espacial e temporal da Temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, pode se observar que todos os pontos tiveram comportamento uniforme, a não ser o Ponto 4 (Laticínio) que pode ter sofrido influência de despejo do laticínio em suas água na coleta do dia 22/02/05. Verificando-se o gráfico da Figura 44, que agrupa as temperaturas em períodos seco e chuvoso, nota-se que as menores temperaturas se localizam nos períodos chuvosos, possivelmente pela ação das chuvas e da nebulosidade do tempo climático que impede a incidência de raios solares nas águas. Percebe-se também através dos valores médios do Quadro 19, que exibe a distribuição dos resultados de temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, que a variação de temperatura do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) é praticamente nula, portanto o despejo da ETE

não influi na temperatura do Córrego Água da Bomba, não poluindo termicamente o manancial.

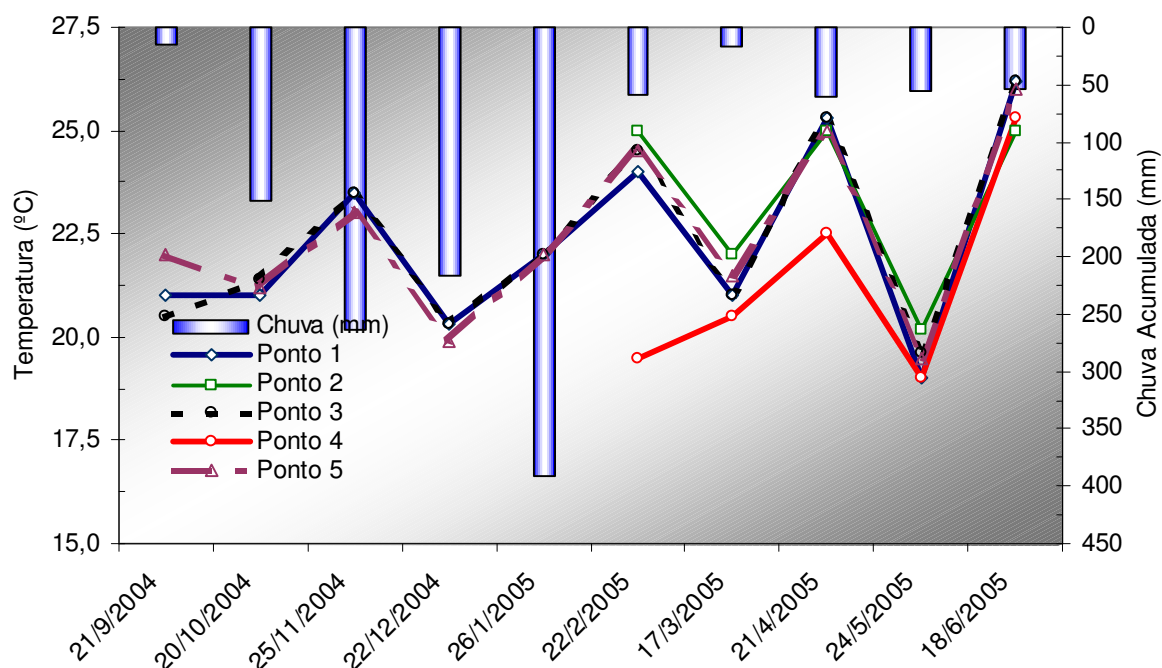


FIGURA 43. Variação espacial e temporal da Temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

QUADRO 19. Distribuição dos resultados de temperatura nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM   | TEMPERATURA |             |            | DESVIO PADRÃO (°C) |
|------------------------|-------------|-------------|------------|--------------------|
|                        | MÍNIMO (°C) | MÁXIMO (°C) | MÉDIA (°C) |                    |
| Ponto 1(Montante) - CB | 19,0        | 26,2        | 22,3       | 2,32               |
| Ponto 2 - CSN          | 20,2        | 25,0        | 23,4       | 2,23               |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 19,6        | 26,2        | 22,4       | 2,30               |
| Ponto 4 – CL           | 19,0        | 25,3        | 21,4       | 2,58               |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 19,5        | 26,0        | 22,5       | 2,15               |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

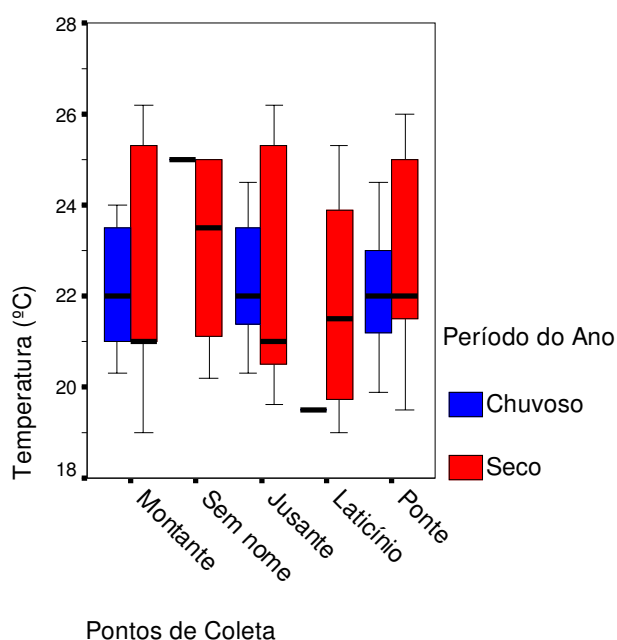


FIGURA 44. Distribuição dos resultados da Temperatura nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

### 5.3.2. Turbidez

A presença de turbidez em amostras de água é atribuída à presença de partículas em suspensão, que diminuem a transmissão de luz no meio. As erosões, durante as estações chuvosas, são exemplos de fenômenos que resultam em aumento da turbidez das águas dos mananciais. Segundo CETESB (2004), os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (CETESB, 2004).

#### 5.3.2.1. Pontos de amostragem da ETE

Através da Figura 45 é possível se verificar o comportamento da turbidez nos pontos de coleta da ETE, Ponto 1 (Esgoto Bruto) e Ponto 2 (Efluente Final), variando no tempo. Observa-se que as amostragens de ambos os pontos possuem desenvolvimentos semelhantes ao longo do tempo, cada qual na sua ordem de grandeza, variando conforme as chuvas.

Muitas das variações de turbidez no Ponto 1 (Esgoto Bruto) provavelmente se devem a ligações clandestinas de águas pluviais nas redes de esgotos da cidade de Regente Feijó. No Quadro 20 são apresentados valores máximos, mínimos e médios de turbidez para os pontos de amostragem da ETE, além do percentual que indica a

eficiência da estação de tratamento. Observando-se os dados de valores mínimos e máximos de turbidez do Ponto 1 (Esgoto Bruto), percebe-se que valor mínimo de turbidez é 25% inferior ao máximo, explicáveis somente pela diluição do esgoto bruto pelas águas pluviais, diminuindo assim a sua turbidez.

A distribuição dos resultados da Turbidez nos pontos da ETE, entre os períodos seco e chuvoso estão ilustradas no gráfico da Figura 46, facilitando perceber que em média os maiores valores de turbidez no Ponto 1 (Esgoto Bruto) ocorrem nos períodos secos e os menores durante os períodos chuvosos.

Tratando-se do Ponto 2 (Efluente Final), percebe-se ao observar as Figuras 45 e 46 que os maiores valores de turbidez ocorrem nos períodos mais secos. Durante os períodos secos ocorrem formações de sobrenadante na lagoa facultativa pelo fenômeno da superflotação de algas, conforme explicado no item 5.2.2 que trata dos sólidos em suspensão, que podem implicar no aumento da turbidez do efluente final coletado na ETE. Já nos períodos chuvosos, o efluente final sofre influência do esgoto bruto mais diluído que ajuda na diluição das águas residuárias da ETE, porém ainda ocorre a dissolução do sobrenadante da lagoa de maturação pela ação das chuvas, daí a diminuição da turbidez nos períodos chuvosos, como pode se observar nas Figuras 45 e 46. Essas variações de turbidez no Ponto 2 (Efluente Final) estão podem ser visualizadas no Quadro 20 comparando-se os valores mínimo e máximo. Para o Ponto 2 (Efluente Final), o valor mínimo de turbidez é 50% inferior ao valor máximo, evidenciando a chuva é um fator efetivamente determinante na qualidade do efluente final no que se diz respeito a turbidez.

Quanto à eficiência da ETE, analisando-se o Quadro 20 nota-se remoção média de turbidez de 76%, atingindo-se um valor médio de 57,7 NTU na turbidez do efluente final. Com isto, se a qualidade do efluente dependesse apenas da turbidez, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005) o efluente final da ETE estaria apto até para uso de consumo humano, sendo que o limite estabelecido pela Resolução é de 100NTU para cursos d'água Classe II. Portanto verifica-se que as condições de remoção de turbidez na ETE são mais do que satisfatórias.



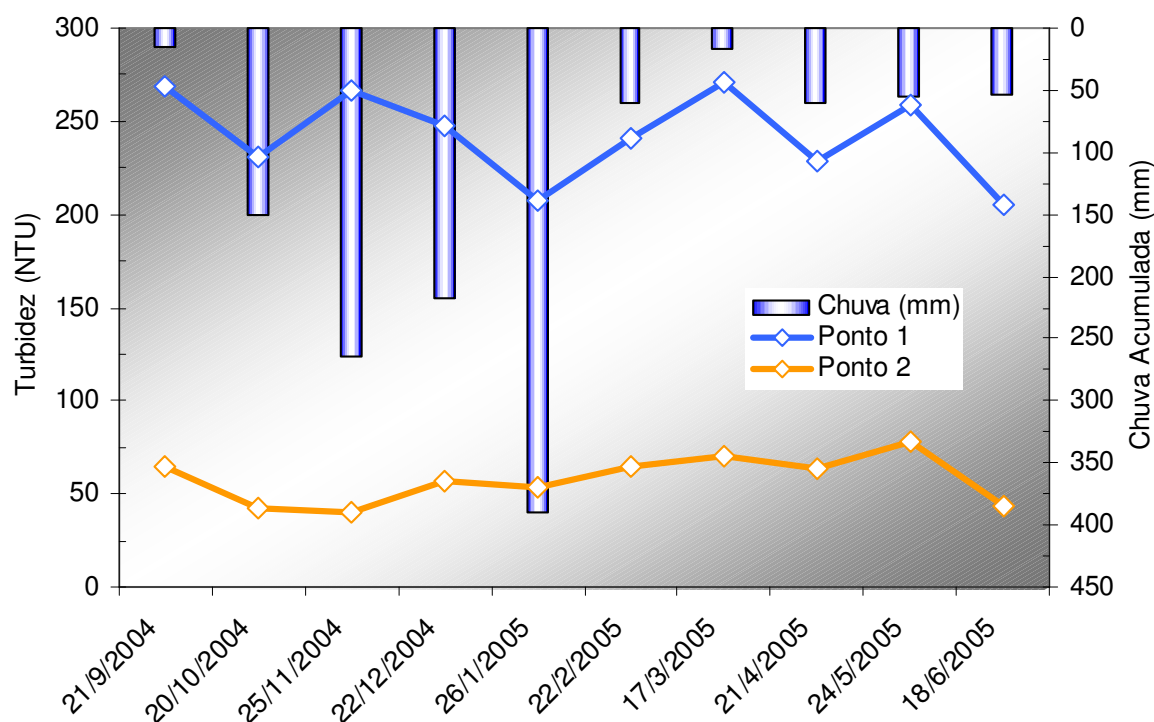


FIGURA 45. Variação espacial e temporal de Turbidez nos pontos de amostragem da ETE.

QUADRO 20. Resultados de Concentração de Sólidos Dissolvidos nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | TURBIDEZ     |              |             | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) |
|--------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------|
|                          | MÍNIMO (NTU) | MÁXIMO (NTU) | MÉDIA (NTU) |                           |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 205,0        | 271,1        | 242,6       | 76                        |
| Ponto 2 - Efluente Final | 39,6         | 78,0         | 57,7        |                           |

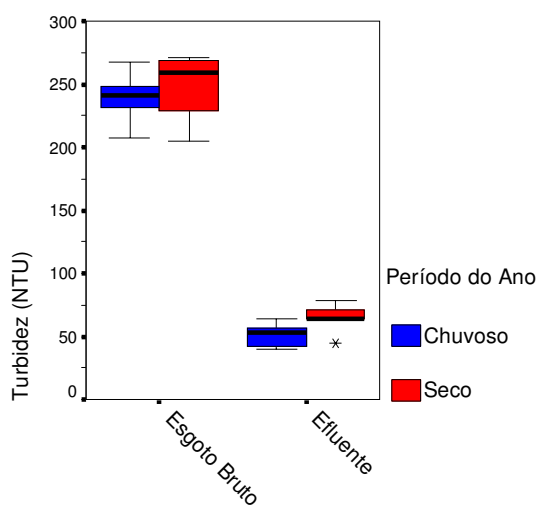


FIGURA 46. Distribuição dos resultados da Turbidez nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

### 5.3.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

Pela Figura 47 tem-se a variação espacial e temporal da Turbidez nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. Observando-se a da Figura 47 nota-se que existe uma tendência de que o comportamento da maioria dos pontos de amostragem seja de aumentar a concentração acompanhando o aumento das chuvas. Ou seja, nos períodos chuvosos possivelmente ocorre o carreamento de partículas de sólidos em suspensão para o leito dos mananciais que incidem no aumento da turbidez das águas.

Nas observações de campo, notou-se que o Córrego Sem Nome, o Córrego Água da Bomba após o despejo do Córrego Sem Nome e o Córrego do Laticínio tomaram cor de solo avermelhado em dia de chuva. Provavelmente aquele solo carregado pelos afluentes do Córrego Água da Bomba são provenientes da área de solo degradado ilustrada na Figura 4, daí o comportamento da turbidez aumentar com o advindo das chuvas. Nos Quadro 21, em que se encontram valores máximos, mínimos, médias e desvios padrões de turbidez, explicitam através dos desvios padrões as altas variações de turbidez, atestando as influências das chuvas no comportamento deste parâmetro de qualidade.

Apesar da tendência de que a maioria dos pontos de amostragem tenham de aumentar a turbidez com o aumento das chuvas, a curva do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) na Figura 47 foge à regra. Na Figura 48, em que está ilustrada a distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso, pode-se confirmar com melhor precisão a afirmação que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) não acompanha o comportamento dos outros pontos de amostragem.

No Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) os maiores valores de turbidez ocorrem durante o período seco. De acordo com VON SPERLING (1996c), a origem natural da turbidez ocorreria devido a partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microorganismos e as origens antropogênicas da turbidez seriam os despejos de esgotos, microorganismos e erosões. Considerando-se estas afirmações feitas por VON SPERLING (1996c) verifica-se que as únicas influências que gerariam aumento de turbidez no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) seriam as de origem natural e as erosões, porém este ponto de amostragem

localiza-se em uma área recoberta por mata ciliar nativa, o que pode atenuar os efeitos de erosões durante os períodos chuvosos. Deste modo, o que ocorre no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) na Figura 47 é o fenômeno da diluição, ou melhor, com o aumento das chuvas a vazão do manancial aumenta diluindo os sólidos em suspensão.

Pela Figura 48 também nota-se que o Ponto 4 (Laticínio - Córrego do Laticínio) tem um aumento da turbidez no período seco, mas isto não é visível ao se observar o gráfico da Figura 47, onde estão discriminadas as amostragens uma a uma. As amostragens feitas no Ponto 4 (Laticínio - Córrego do Laticínio) foram realizadas em períodos de menor intensidade de chuva e isto pode ter prejudicado o agrupamento dos valores de turbidez em períodos seco e chuvoso.

Traçando um paralelo da turbidez da ETE com a turbidez do Córrego Água da Bomba, nota-se que mesmo tendo uma média de turbidez dentro dos parâmetros exigidos, a ETE, juntamente com o Córrego Sem Nome são determinantes na qualidade da água do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). De acordo com o Quadro 21, onde são apresentados valores máximos, mínimos, médios e desvios padrões de turbidez, o Córrego Sem Nome contribui com 42,4 NTU em média e no Quadro 20 verifica-se que a ETE contribui com 57,7 NTU, fazendo com que a turbidez média do Córrego Água da Bomba no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) mais que triplique no trecho até o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba).

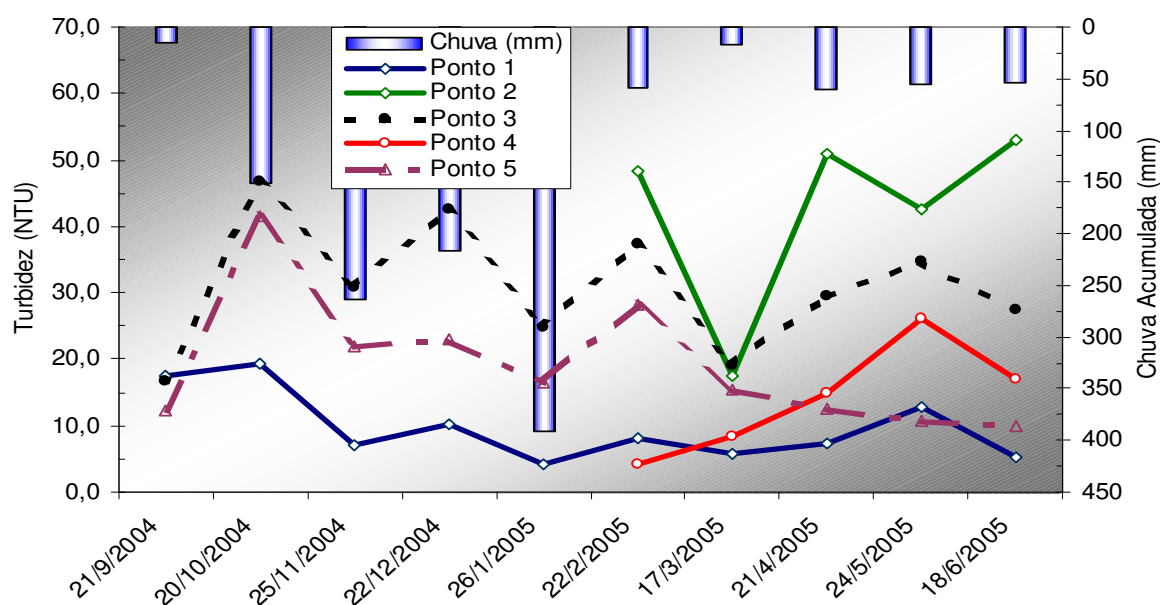


FIGURA 47. Variação espacial e temporal da Turbidez nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Quanto à autodepuração no Córrego Água da Bomba, percebe-se que do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) ocorre uma diminuição da turbidez, mesmo com a ação de erosões nesse trecho desmatado. Isto pode ser observado verificando-se as curvas da Figura 47, onde a curva do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) se mantém sempre abaixo da curva do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). No Quadro 21 é possível se calcular que há uma redução média da turbidez do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) de 38%. Essa redução da turbidez é possível provavelmente por ação da gravidade nas partículas de sólidos em suspensão no fenômeno da sedimentação e pela ação da diluição.

QUADRO 21. Distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM   | TURBIDEZ     |              | MÉDIA (NTU) | DESVIO PADRÃO (NTU) |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------------|
|                        | MÍNIMO (NTU) | MÁXIMO (NTU) |             |                     |
| Ponto 1(Montante) - CB | 4,1          | 19,2         | 9,7         | 5,2                 |
| Ponto 2 - CSN          | 17,4         | 53,0         | 42,4        | 14,5                |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 16,8         | 46,7         | 31,0        | 9,7                 |
| Ponto 4 - CL           | 4,1          | 26,0         | 14,1        | 8,4                 |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 9,8          | 41,4         | 19,2        | 9,8                 |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

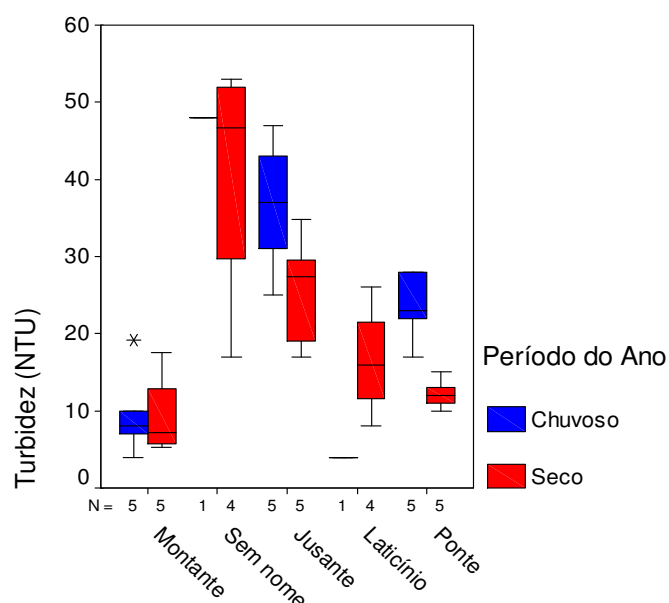


FIGURA 48. Distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

Quanto à qualidade da água, a Resolução CONAMA 357/05 (2005) fixa um valor máximo de 100 NTU para os cursos de água doce Classe II. Com isso, observando-se os valores máximos do Quadro 21, todos os pontos estão aptos para os usos destinados aos cursos de água doce Classe II.

## 5.4. PARÂMETROS QUÍMICOS

### 5.4.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2004).

O  $\text{pH} < 7,0$  representa condições ácidas,  $\text{pH} = 7,0$  representa situação de neutralidade e  $\text{pH} > 7,0$  representa condições básicas.

#### 5.4.1.1. Pontos de amostragem da ETE

No gráfico da Figura 49 encontra-se a variação espacial e temporal do pH nos pontos de amostragem da ETE. Com isto pode-se observar que o comportamento do pH nos pontos de amostragem da ETE varia conforme as chuvas. Para complementar a Figura 49, a Figura 50 apresenta os dados de pH em cada ponto de amostragem agrupados por períodos de chuva e de seca. Ao se observar a Figura 50 conclui-se que no Ponto 1 (Esgoto Bruto) ocorre um decréscimo do pH no período seco e no Ponto 2 (Efluente Final) ocorre um aumento do pH no período chuvoso. Entretanto, nos dois casos verifica-se que as variações de pH são pequenas, conforme pode se verificar nos valores de desvio padrão do Quadro 22, que apresenta valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões do pH nos pontos de amostragem da ETE.

O gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) existente na atmosfera pode ser absorvido pelas chuvas, formando o  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (ácido carboxílico), tornando-se responsável por uma das origens naturais de acidez das águas (VON SPERLING, 1996c). Com isto verifica-se que o esgoto bruto sofre acréscimo de pH no período chuvoso possivelmente por influência de ligações clandestinas de águas pluviais na malha da

rede esgotos. VON SPERLING (1996c) também afirma que a oxidação de matéria orgânica reduz o pH. Deste modo, pode-se concluir que o decréscimo de pH no período seco é possivelmente ocasionado pela maior taxa de oxidação de matéria orgânica que ocorre neste período. Porque as condições climáticas no período seco são mais favoráveis para que os seres decompositores realizem a oxidação através de seus mecanismos bioquímicos. Na lagoa facultativa existem seres decompositores que necessitam de oxigênio e esse oxigênio estará em saturação no período seco, quando as condições de iluminação são ótimas para as algas, seres que oxigenam a água através de fotossíntese.

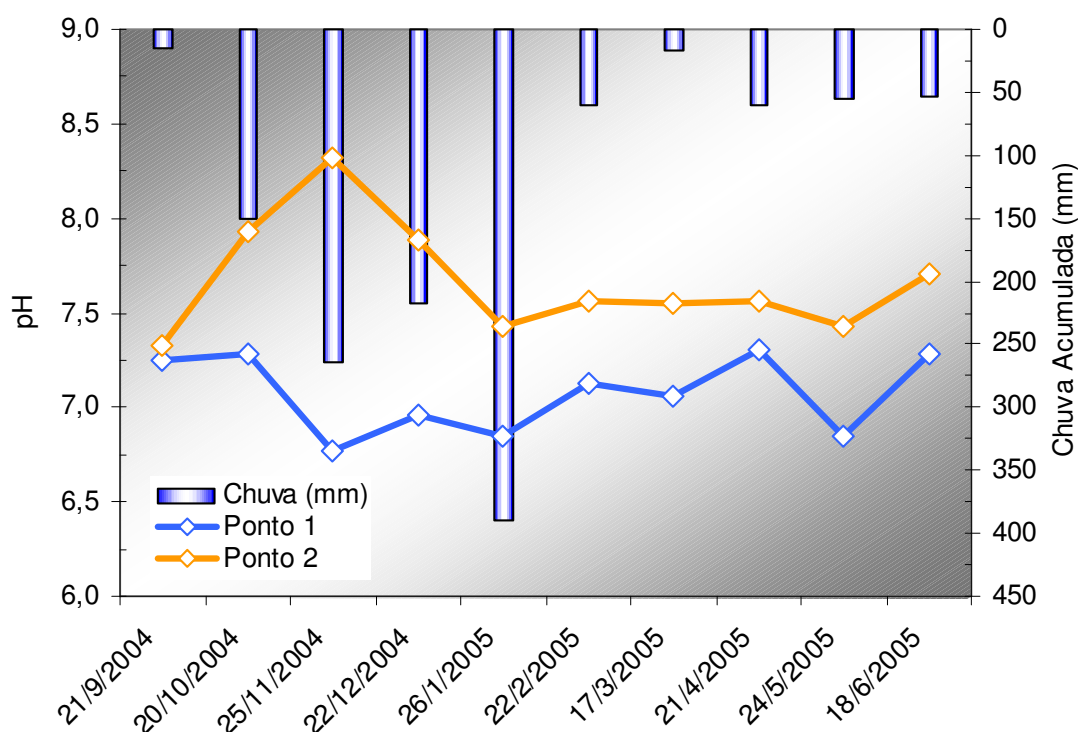


FIGURA 49. Variação espacial e temporal do pH nos pontos de amostragem da ETE.

QUADRO 22. Resultados de pH nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | pH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO |        |       | DESVIO PADRÃO |
|--------------------------|-------------------------------|--------|-------|---------------|
|                          | MÍNIMO                        | MÁXIMO | MÉDIA |               |
| Ponto 1- Esgoto Bruto    | 6,8                           | 7,3    | 7,1   | 0,20          |
| Ponto 2 - Efluente Final | 7,3                           | 8,3    | 7,7   | 0,30          |

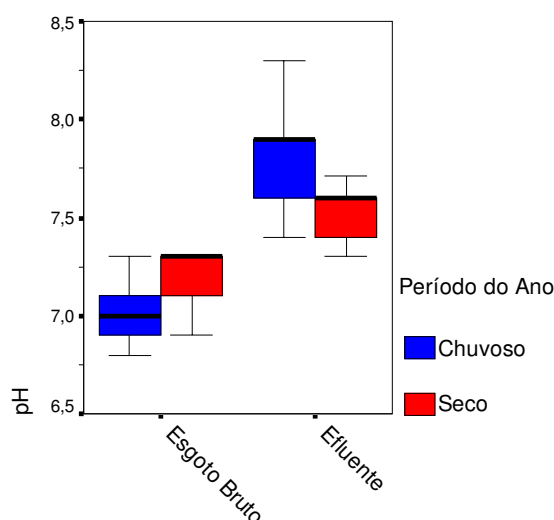


FIGURA 50. Distribuição dos resultados do pH nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Para águas de classe II, a Resolução CONAMA 357/05 (2005) determina que o valor de pH para despejo de efluentes deve estar entre 5 e 9. Deste modo o efluente final da ETE de Regente Feijó se encaixa nas condições satisfatórias para despejo, de acordo com a intervalo de valores proposto na Resolução CONAMA 357/05 (2005).

#### 5.4.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

De acordo com a Figura 51. em que estão relacionadas curvas de pH para os pontos de amostragem dos mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba correlacionadas de maneira temporal e espacial, percebe-se que o pH das curvas tende a aumentar conforme aumentam-se as chuvas. O gráfico da Figura 52 foi confeccionado agrupando os valores de pH dos pontos de amostragem dos mananciais por períodos de seca e chuvoso, para auxiliar a interpretação da Figura 51. Deste modo, nota-se na Figura 52 que apenas o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) tem o comportamento diferente dos outros pontos de amostragem. Sendo que este ponto possui características fisiográficas diferentes dos demais. Possuindo mata ciliar ao seu entorno e não sofrendo ação do efluente final da ETE nem de áreas de degradação de solo em sua área de drenagem. Trata-se, portanto, de um ponto de amostragem menos poluído que os outros. Por isso o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é um ponto que provavelmente sofre alteração de seu pH simplesmente pelo pH da chuva que gira em torno de 5,0 (TOMAZ, 2003).

Já os outros pontos, sofrem todos ação de sólidos dissolvidos provenientes de solos carregados para o leito dos mananciais, além da ação do efluente da ETE que parece determinante no aumento do pH no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), sendo que na Figura 51 o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) é o que normalmente tem pH mais elevado. Além do efluente da ETE, os sólidos dissolvidos provenientes do solo carregado também pode ser determinante no pH dos pontos de amostragem dos mananciais. A forma do constituinte responsável pela alcalinização da água é de sólidos dissolvidos, que reagem para neutralizar os íons hidrogênio, neutralizando os ácidos, através de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). Portanto provavelmente o aumento do pH durante as chuvas nos pontos dos mananciais ocorre devido ao carregamento de sólidos para o leito dos mananciais em virtude de erosões e pelo despejo do efluente final da ETE (VON SPERLING, 1996c).

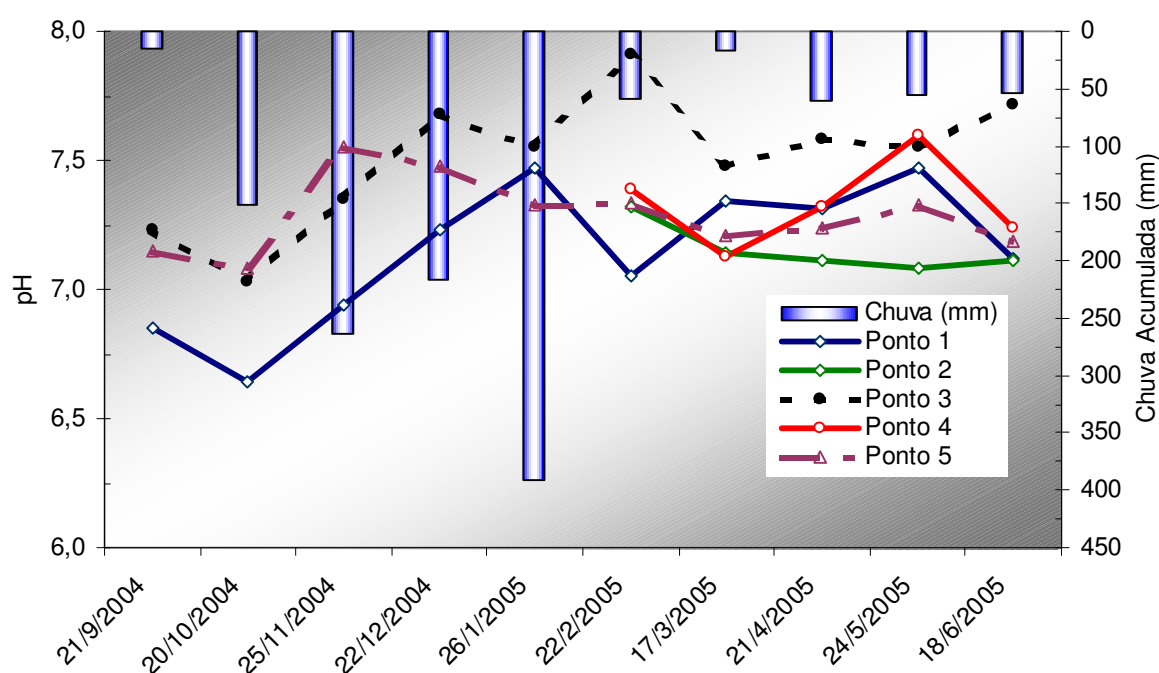


FIGURA 51. Variação espacial e temporal do pH nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

O Quadro 23 explicita valores mínimos, máximos, médios e desvios padrões do pH dos pontos de amostragem dos mananciais. Através dos desvios padrões percebe-se que as variações são percentualmente baixas, demonstrando que a qualidade da água dos mananciais é mantida mesmo com as variações, obedecendo tanto nos valores mínimos como nos máximos as determinações da



Resolução CONAMA 357/05 (2005) que permite para corpos d'água doces de Classe II uma variação entre 6,0 e 9,0 de pH. Portanto as condições de pH nos pontos de amostragem são satisfatórias de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005).

QUADRO 23. Distribuição dos resultados do pH nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM   | pH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO |        | DESVIO PADRÃO |
|------------------------|-------------------------------|--------|---------------|
|                        | MÍNIMO                        | MÁXIMO |               |
| Ponto 1(Montante) - CB | 6,6                           | 7,5    | 0,27          |
| Ponto 2 - CSN          | 7,1                           | 7,3    | 0,10          |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 7,0                           | 7,9    | 0,25          |
| Ponto 4 - CL           | 7,1                           | 7,6    | 0,18          |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 7,1                           | 7,6    | 0,15          |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

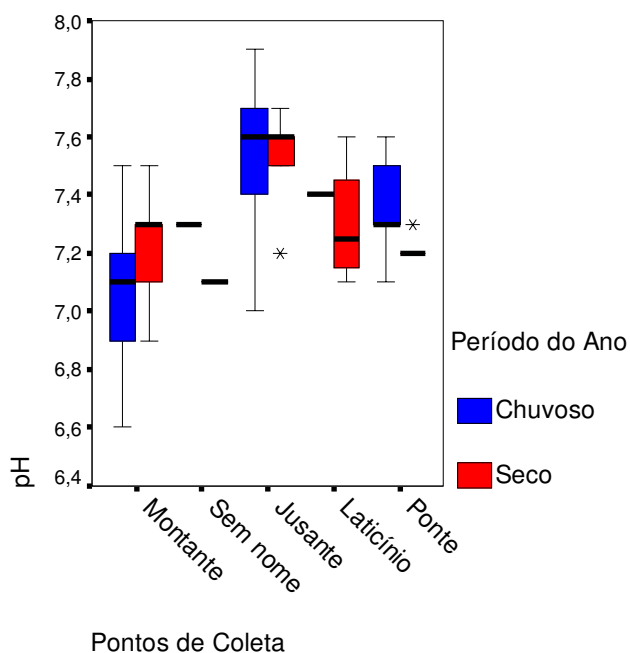


FIGURA 52. Distribuição dos resultados do pH nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

#### 5.4.2. Nitrogênio Total

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, 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, dá-se o florescimento muito intenso de algas. Estas 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 (CETESB, 2004). De acordo com BRAGA et al (2002), o nitrogênio, juntamente com o fósforo são os dois principais causadores de eutrofização nos mananciais de água.

#### **5.4.2.1. Pontos de amostragem da ETE**

Para visualizar a variação da concentração de nitrogênio total nos pontos de amostragem da ETE, traçou-se o gráfico da Figura 53, levando-se em conta a variação espacial e temporal e correlacionando as concentrações de nitrogênio total com os valores de chuvas dos intervalos entre as coletas. Observando-se a Figura 53 percebe-se que o Ponto 1 (Esgoto Bruto) tem uma tendência de sofrer decréscimos na concentração de nitrogênio com o aumento das chuvas, ocorrendo o contrário com o Ponto 2 (Efluente Final). Observando-se o Quadro 24, que apresenta resultados, mínimos, máximos e médios de concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem da ETE, percebe-se que existe alta variação entre máximos e mínimos, provavelmente devido a fatores de ordem hidrológica, conforme nota-se na figura 53.

Através da Figura 54, em que os dados de concentração de nitrogênio total foram agrupados por períodos seco e chuvoso, é possível se perceber com maior facilidade que o esgoto bruto sofre diminuição da concentração de nitrogênio total durante o período chuvoso. Isto provavelmente se deve ao efeito de diluição do esgoto bruto por ligações clandestinas de águas pluviais nas redes de esgoto da cidade. Entretanto como já observado na Figura 53, de acordo com a figura 54 fica mais evidente que o efluente final da ETE sofre aumento da concentração de nitrogênio total durante o período chuvoso. Isto pode ser explicado pela menor atividade fotossintetizante das algas neste período. Para a sobrevivência das algas é imprescindível a presença de nitrogênio, porém durante o período chuvoso a quantidade de horas de insolação diminui, diminuindo o consumo de nitrogênio pelas algas. Daí o aumento da concentração de nitrogênio total no efluente final durante os períodos chuvosos.

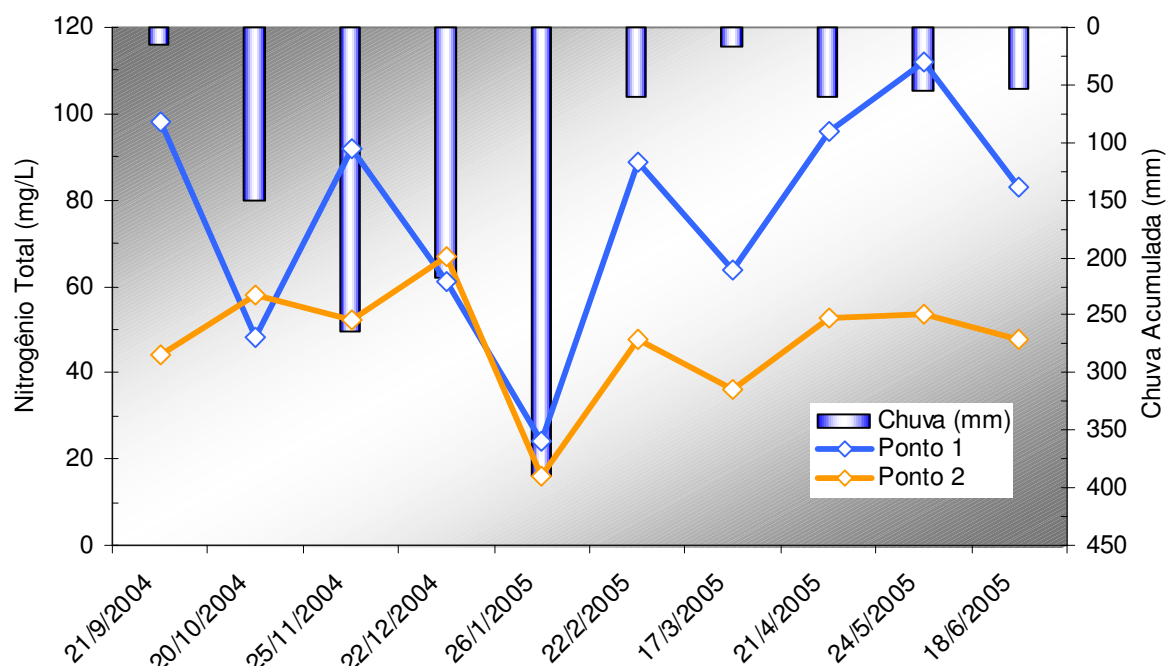


FIGURA 53. Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem da ETE.

Na Resolução CONAMA 357/05 (2005) é citado apenas o valor máximo de nitrogênio amoniacal para despejo de esgotos. Sabe-se entretanto que existem bactérias nitrificantes na ETE que transformam a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e os íons de amônia ( $\text{NH}_4$ ) em íons nitritos ( $\text{NO}_2$ ) que em seguida se transformam em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), conforme o ciclo do nitrogênio. Portanto para este caso, VON SPERLING (1996c) indica que o efluente tem predominância de nitratos, não sendo pertinentes então as exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005) para o efluente da ETE em análise.

Mesmo não podendo utilizar-se do nitrogênio total colhido nas amostras deste trabalho para comparação com os parâmetros da Resolução CONAMA 357/05 (2005), calculou-se a eficiência média da ETE para a remoção de nitrogênio e conforme está apresentado no Quadro 24, o valor médio de remoção é de 38%.

Deve ser lembrado também que os processos de tratamento de esgotos empregados atualmente no Brasil não são otimizados para a remoção de nutrientes e os efluentes finais tratados liberam grandes quantidades destes que também podem dar margem à ocorrência do processo de eutrofização (CETESB, 2004).

QUADRO 24. Resultados de concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL |                 |                | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO |
|----------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
|                      | MÍNIMO (mg N/L)                  | MÁXIMO (mg N/L) | MÉDIA (mg N/L) |                       |

|                          |    |     |      |     |
|--------------------------|----|-----|------|-----|
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 24 | 112 | 76,7 | 38% |
| Ponto 2 - Efluente Final | 16 | 67  | 47,5 |     |

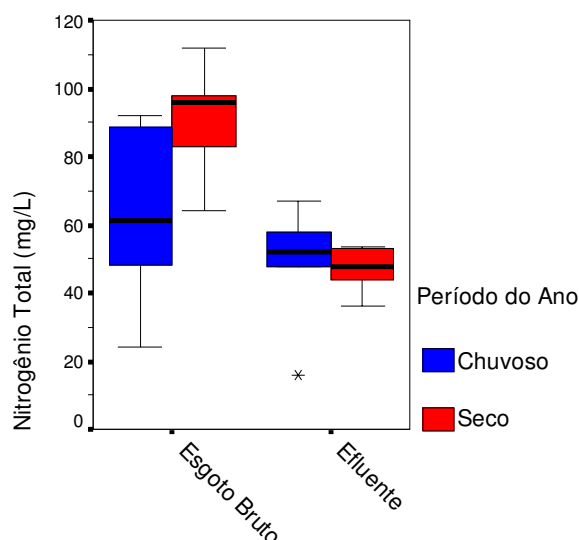


FIGURA 54. Distribuição dos resultados de concentração de Nitrogênio Total nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Apesar de não se ter um parâmetro para o efluente final, está estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 (2005) um valor máximo para águas doces de Classe II de 10mg N/L quando do caso de nitratos. Tendo-se as vazões médias da ETE e do Córrego Água da Bomba antes do despejo do manancial é possível se calcular a influência dos nitratos lançados pela ETE no manancial.

Tem-se que no item Vazões que o valor médio da vazão do efluente final da ETE é de 40,50L/s e o valor médio da vazão no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é de 394,90L/s. Com isto, a vazão do efluente final representa 9% da soma das duas vazões. Portanto 9% da concentração média de nitrogênio total (nitratos) do efluente final resultariam no valor de 4,42mg N/L, sendo esta a, menor que 10mg N/L, então o tratamento do esgoto doméstico pela ETE é eficiente para as condições do manancial, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005) para mananciais de água doce Classe II.

#### 5.4.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

A Figura 55 representa a variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. Através dela é possível

perceber que são pequenas as variações de nitrogênio nos afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, representados pelos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio). No Quadro 25 estão discriminados valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão das concentrações de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio. Através do Quadro 25 é possível se perceber que os desvios padrões menores são os do Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e Ponto 4 (Córrego do Laticínio), evidenciando que nestes pontos de amostragem as variações de nitrogênio são pequenas, confirmando o que foi visualizado no gráfico da Figura 55.

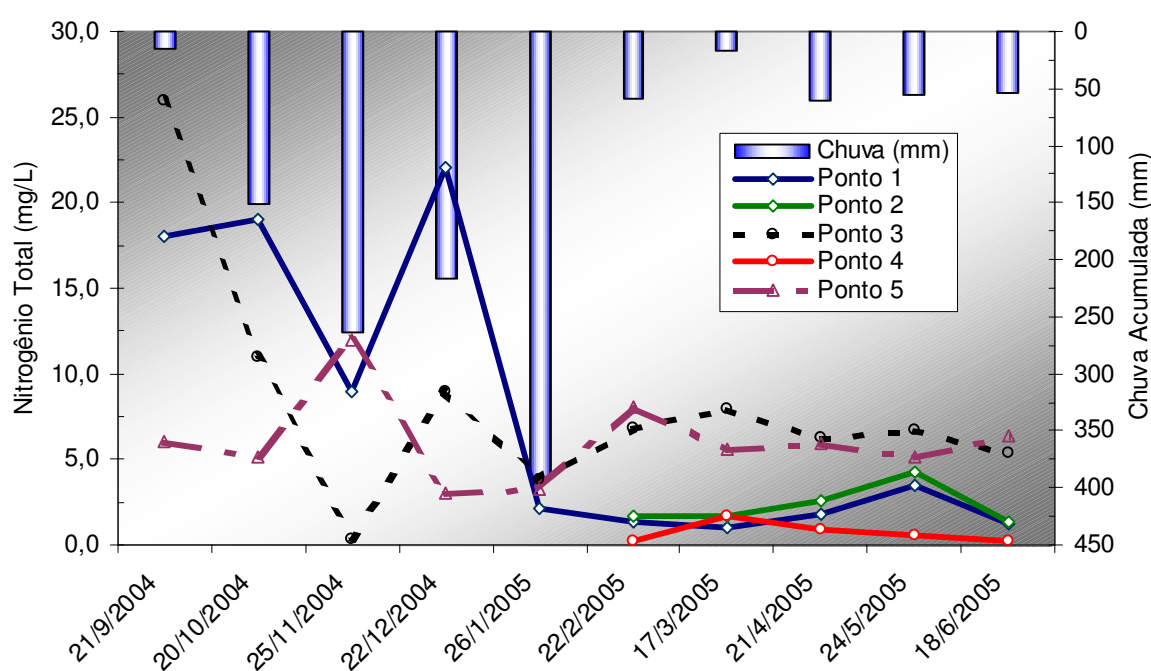


FIGURA 55. Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Já ao contrário dos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio), os pontos de amostragem localizados no Córrego Água da Bomba têm seus picos nos períodos chuvosos, com grande variação nos períodos chuvosos e estabilizando o comportamento nos períodos de pouca chuva, conforme pode se notar na Figura 55. Na Figura 56 visualiza-se a distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso. Nesta distribuição de dados agrupados por períodos seco e chuvoso observa-se que nos pontos de amostragem do Córrego Sem Nome as maiores concentrações de nitrogênio localizam-se no

período chuvoso enquanto que no Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e no Ponto 4 (Córrego do Laticínio).

Quando do período chuvoso, conforme pode ser notado na Figura 55, a maior concentração de nitrogênio total tende a ser a do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), onde provavelmente a causa principal dessas altas concentrações de nitrogênio sejam águas pluviais escoadas da cidade e a poluição difusa devida ao carreamento de materiais sólidos. Nos períodos secos o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) reduz a sua concentração de nitrogênio total, então sobressaem-se as curvas dos Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), que provavelmente sofrem a ação do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) que já vem carregado com uma parcela de nitrogênio e da ETE, que como foi visto anteriormente, contribui com uma concentração média de 4,42mg N/L. Verifica-se, no período seco que a autodepuração no trecho do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) é bastante pequena, talvez pela diminuição das vazões, que afetam a diluição. Entretanto, os valores médios do Quadro 25 demonstram que ocorre um aumento de concentração de nitrogênio total do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e deste ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) ocorre uma diminuição da concentração de nitrogênio total, configurando uma autodepuração do manancial, provavelmente proporcionada pela sedimentação e diluição.

QUADRO 25. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTAGEM     | CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL |                 |                | DESVIO PADRÃO | pH MÉDIA |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|---------------|----------|
|                         | MÍNIMO (mg N/L)                  | MÁXIMO (mg N/L) | MÉDIA (mg N/L) |               |          |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 1,0                              | 22,0            | 7,9            | 8,5           | 7,1      |
| Ponto 2 - CSN           | 1,4                              | 4,2             | 2,3            | 1,2           | 7,2      |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 0,3                              | 26,0            | 8,3            | 6,9           | 7,5      |
| Ponto 4 - CL            | 0,2                              | 1,7             | 0,7            | 0,6           | 7,3      |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 3,0                              | 12,0            | 6,0            | 2,6           | 7,3      |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

O Quadro 25 apresenta além dos dados de concentração de nitrogênio total os valores médios de pH para facilitar as comparações com as exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005).

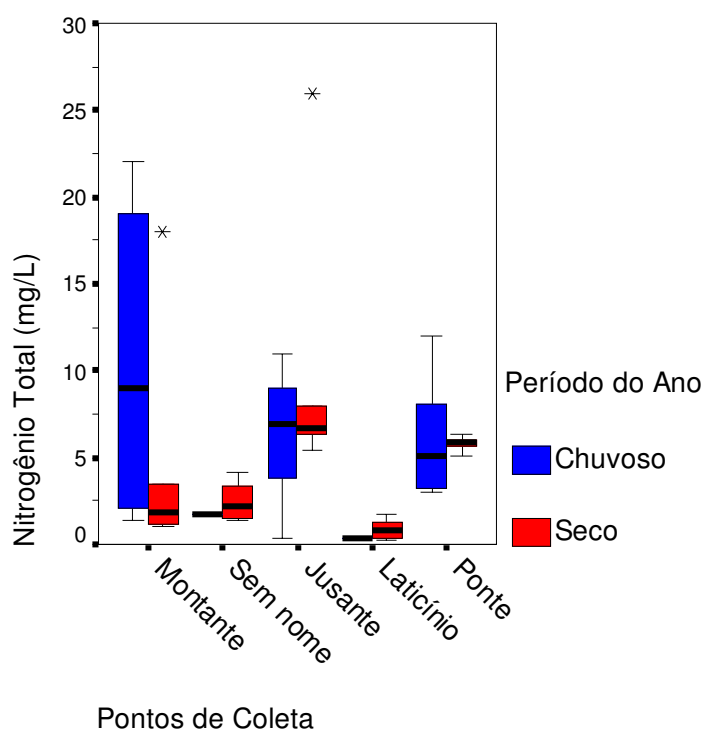


FIGURA 56. Distribuição dos resultados da concentração de Nitrogênio Total nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) exige para mananciais de água doce de Classe II uma concentração máxima de Nitrato em 10,0 mg/L N, de Nitrito em 1,0 mg/L N e no caso de  $\text{pH} \leq 7,5$  o Nitrogênio amoniacal total deve ser no máximo de 3,7mg/L N. Esses valores devem ser analisados independentemente, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), porém o alvo deste trabalho foi determinar o Nitrogênio Total, ou seja, a soma dos nitratos, nitritos e amônias. Por isso, serão somados os diferentes nitrogênios para se ter uma idéia de um valor ideal, tendo-se um valor de Nitrogênio Total de 14,7 mg N/L. Comparando este valor com os valores médios do Quadro 25 nota-se que se a Resolução CONAMA 357/05 (2005) fizesse a sua exigência em Nitrogênio Total e não discriminando as diferentes formas, percebe-se que todos os pontos dos mananciais estariam em conformidade com os padrões de qualidade.

Analizando-se o Nitrogênio Total pelas condições de determinação do IQA, nota-se através da Figura 2 que o  $q_{\text{NITROGÊNIO}}$  diminui de 100 para 50 quando a concentração de Nitrogênio Total vai de 0mg N/L a 10mg N/L. Sendo que valor ideal para o IQA é 0mg N/L.

### 5.4.3. Fósforo Total

O fósforo aparece em águas naturais, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como o de laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2004).

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. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Em processos aeróbios, como informado anteriormente, exige-se uma relação  $DBO_5:N:P$  mínima de 100:5:1, enquanto que em processos anaeróbios tem-se exigido a relação  $DQO:N:P$  mínima de 350:7:1. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2004).

#### 5.4.3.1. Pontos de amostragem da ETE

A Figura 57 ilustra a variação temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem da ETE. Através da Figura 57 é possível perceber que conforme aumentam as chuvas, diminui-se a concentração de fósforo tanto no esgoto bruto quanto no efluente final da ETE. Tal fenômeno também pode ser verificado no gráfico da Figura 58, onde os dados de fósforo foram agrupados em função dos períodos seco e chuvoso, pois os maiores valores de concentração de fósforo se localizam no período seco, tanto no Ponto 1 (Esgoto Bruto) como no Ponto 2 (Efluente Final). No esgoto bruto esse comportamento de diminuir a quantidade de fósforo só é pode ser explicável por diluição e a única provável fonte de água para diluição seriam as ligações clandestinas de águas pluviais na malha de rede de esgoto da cidade. Já quando se trata do efluente final, percebe-se que este acompanha o comportamento do esgoto bruto, isto porque a eficiência para remoção de fósforo é de apenas 1% como está indicado no Quadro 26, onde encontram-se



valores mínimos, máximos e médios para as concentrações de fósforo nos pontos de amostragem da ETE.

As estações de tratamento de esgoto brasileiras não são equipadas para otimizar a remoção de nutrientes. Entretanto já se tem feito algo para diminuir as condições de lançamentos de fósforo nos mananciais, começando pela Resolução CONAMA 359 de abril de 2005, onde se estabelecem critérios sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências. Sendo que o fósforo (P) está presente na formulação da maioria dos detergentes em pó fabricados no Brasil, na forma de tripolifosfato de sódio (STPP) e considerando o estado crítico de eutrofização de vários rios, lagos, lagoas e reservatórios, particularmente daqueles situados na área de influência de grandes aglomerações urbanas, o aporte de fósforo oriundo de detergentes em pó será controlado por meio do estabelecimento de limites da concentração máxima de fósforo por produto e da média ponderada de fósforo por grupo fabricante/importador (CONAMA 359/05, 2005).

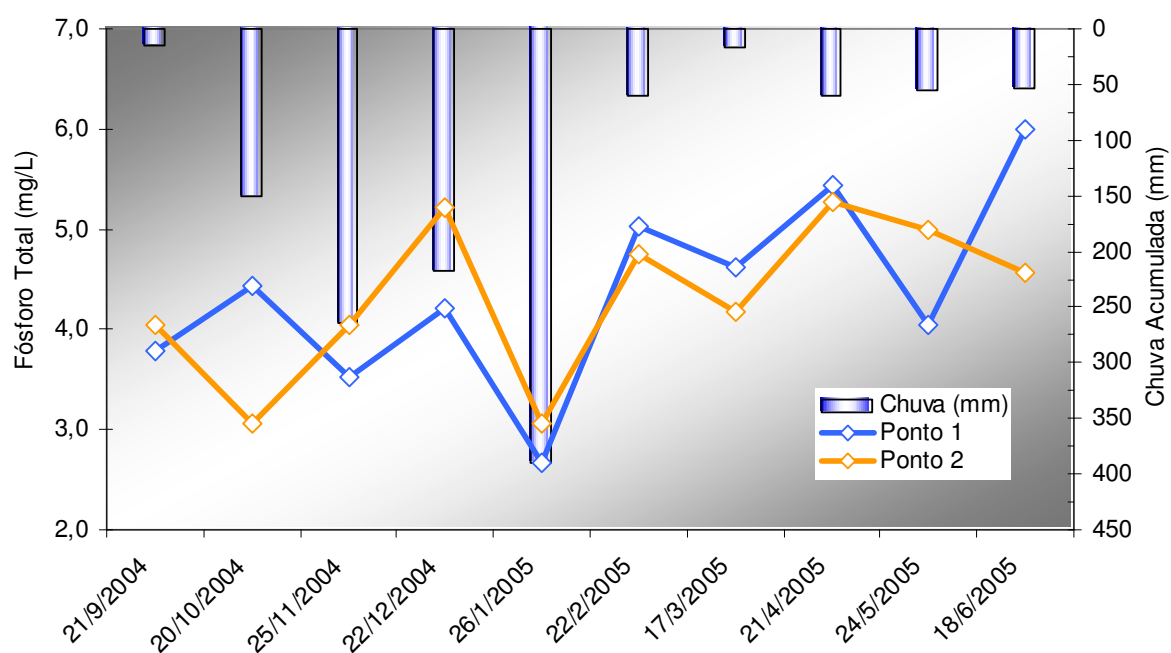


FIGURA 57. Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem da ETE.

QUADRO 26. Resultados de concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL |                 |                | EFICIENCIA DE REMOÇÃO |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
|                          | MÍNIMO (mg/L P)               | MÁXIMO (mg/L P) | MÉDIA (mg/L P) |                       |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 2,7                           | 6,0             | 4,4            | 1%                    |
| Ponto 2 - Efluente Final | 3,1                           | 5,3             | 4,3            |                       |

Quanto às exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005), não existem parâmetros de fósforo total para o lançamento em corpos d'água nem parâmetros para rios. Apenas são especificados valores para mananciais lênticos ou intermediários, que não vem ao caso. Contudo, VON SPERLING (1996c) relata que uma lagoa anaeróbia seguida de outra facultativa deve ter uma eficiência de remoção para fósforo da ordem de 20% a 60%, portanto a ETE de Regente Feijó não está funcionando bem para a remoção de fósforo total. A presença de sólidos em suspensão e dissolvidos em grande quantidade na lagoa facultativa, devido à superflotação de algas, pode ser o principal gerador deste problema. Para resolver este problema a solução mais simples seria aspergir água sobre o sobrenadante, principalmente nos períodos secos para que os flocos de algas se desmanchassem.

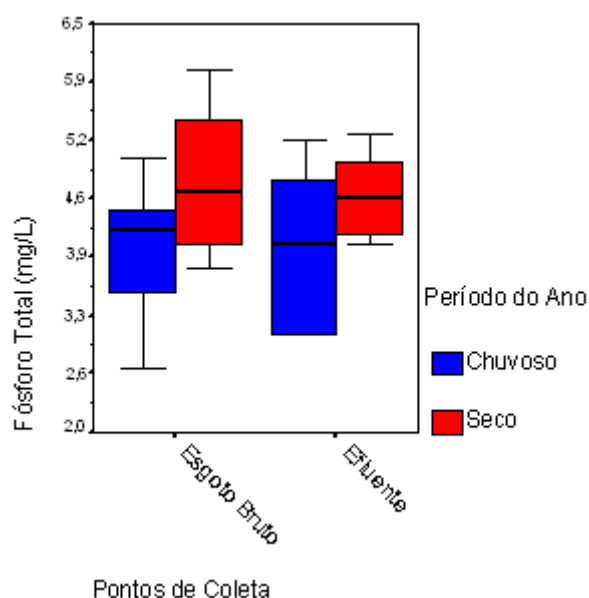


FIGURA 58. Distribuição dos resultados de concentração de Fósforo Total nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

#### 5.4.3.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

Para se determinar o comportamento da variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, foi confeccionado o gráfico da Figura 59. Com isto, é possível visualizar que as curvas de concentração de fósforo total dos pontos de amostragem dos mananciais seguem uma tendência de aumentarem os valores nos períodos de menores precipitações. Sendo este comportamento válido para todos os pontos de amostragem dos mananciais. Entretanto, na coleta de 17/03/05, ocorre um pico de concentração no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) muito discrepante em relação aos outros valores, como pode ser percebido na Figura 59.

Provavelmente este pico de concentração de fósforo deveu-se a poluição por esgotos clandestinos, podendo ser causado pelo lava jato que despeja suas águas residuárias à montante do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba). A possibilidade de o lava jato ser a causa desta variação é alta, porque as águas residuárias do lava jato possuem altas concentrações de detergentes, sendo que o fósforo está presente na formulação da maioria dos detergentes em pó fabricados no Brasil, segundo a Resolução CONAMA 359/05 (2005).

Para o auxílio da interpretação do gráfico da Figura 59, também foram confeccionados o Quadro 27 e a Figura 60, onde no Quadro 27 estão expostos valores mínimos, máximos e médios além dos desvios padrões das concentrações de fósforo total nos respectivos pontos de amostragem dos mananciais. Na Figura 60 foram agrupados os valores de concentrações de fósforo total dos pontos de amostragem dos mananciais em períodos seco e chuvoso, facilitando o entendimento da influência das chuvas no comportamento das concentrações de fósforo.

Pela Figura 59 também é possível se perceber que a não ser no caso da coleta de 17/03/05, já citada, a concentração de fósforo no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) é sempre superior à concentração de fósforo do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba). Deste modo, portanto existe um aumento da concentração de fósforo no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) que é proveniente do Córrego Sem Nome e do efluente final da ETE. Entretanto, ao se analisar o gráfico da Figura 59 percebe-se que a contribuição do Córrego Sem Nome é quase nula.

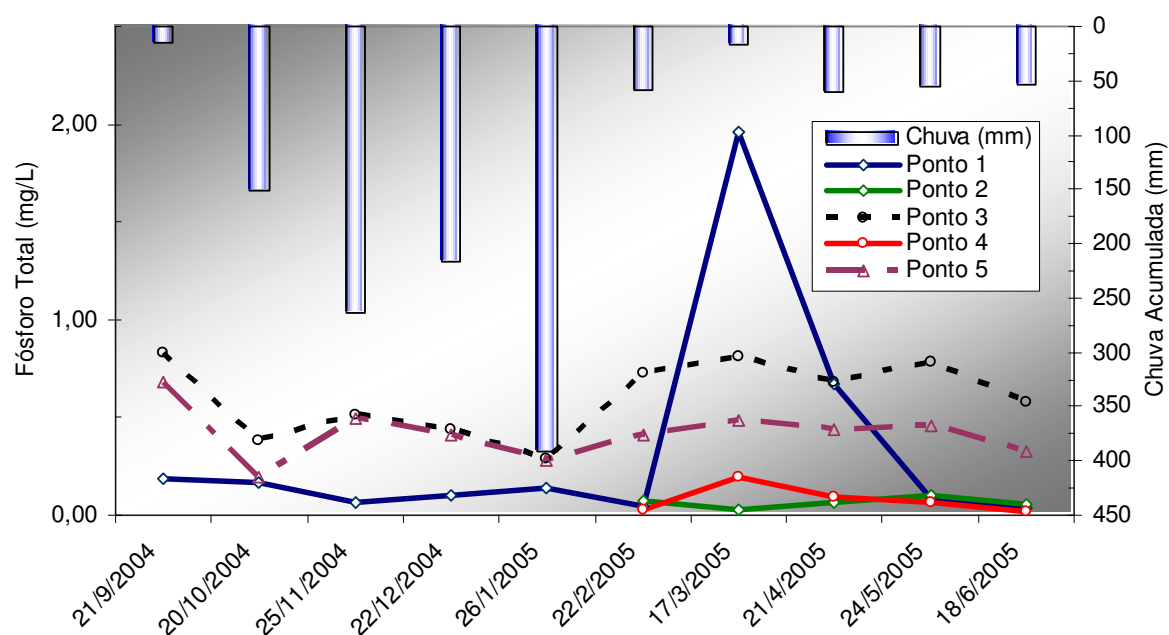


FIGURA 59. Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

De acordo com o Quadro 27 o valor mínimo de fósforo no Ponto 2 (Córrego Sem Nome) é de 0,03mg/L P e o máximo de 0,10mg/L P, ainda a ser diluído na vazão do Córrego Água da Bomba até atingir o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). Sendo que a vazão média do Córrego Água da Bomba no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é quase 5 vezes a vazão do Córrego Sem Nome, considera-se que a contribuição do Córrego Sem Nome para o aumento da concentração de fósforo no Córrego Água da Bomba é praticamente desprezível. Assim, o aumento da concentração de fósforo do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) deve ser proveniente do efluente da ETE.

Sendo a vazão média da ETE de aproximadamente 9% da vazão no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), a concentração média de fósforo do efluente (4,30mg/L P) se diluirá 91%, atingindo o valor de 0,38mg/L P, que somado à média de concentração de fósforo do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) (0,34mg/L P) atingirá o valor de 0,72mg/L P, que é um valor próximo da média do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da bomba). Então está mostrado através destes cálculos que o acréscimo de fósforo no Córrego Água da Bomba entre os Pontos 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) e 2 (Jusante - Córrego Água da Bomba) é provém do efluente final da ETE.

QUADRO 27. Distribuição dos resultados da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTAGEM     | CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL |                 |                | DESVIO PADRÃO (mg/L P) |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|------------------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L P)               | MÁXIMO (mg/L P) | MÉDIA (mg/L P) |                        |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 0,04                          | 1,96            | 0,34           | 0,60                   |
| Ponto 2 - CSN           | 0,03                          | 0,10            | 0,07           | 0,03                   |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 0,29                          | 0,83            | 0,61           | 0,19                   |
| Ponto 4 - CL            | 0,02                          | 0,20            | 0,08           | 0,07                   |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 0,19                          | 0,68            | 0,42           | 0,13                   |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Pelo Quadro 27 também pode se notar que o maior desvio padrão de das amostragens de fósforo é a do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), possivelmente por sofrer influências de despejos de esgotos clandestinos. Entretanto, mesmo sendo o ponto de maior desvio padrão de concentração de fósforo, o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) mantém o seu comportamento ao longo do tempo semelhante aos dos demais pontos de amostragem, conforme pode ser observado na Figura 60. Esta figura ilustra e vem confirmar que nos períodos chuvosos há a diluição da concentração de fósforos totais, diminuindo-se os valores de concentração nestes períodos em todos os pontos de amostragem dos mananciais, independentemente da contribuição da ETE.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não faz alusão a valores de concentração de fósforo total para rios. Porém os valores médios observados no Quadro 27, bastante próximos de 0mg/L P fazem concluir que são valores satisfatórios para o IQA ao verificar-se a curva da Figura 2 (vide página 31), em que quanto maior for a proximidade da origem do gráfico cartesiano maior será o valor de  $q_{FÓSFORO\ TOTAL}$  (vide Figura 2).

Como proposição para se melhorar ainda mais as condições de concentrações de fósforo nos mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba fica o dever de se retirarem os esgotos clandestinos punindo criminalmente os culpados pela degradação ambiental e opcionalmente construir uma estação elevatória para a recirculação do efluente final da ETE.

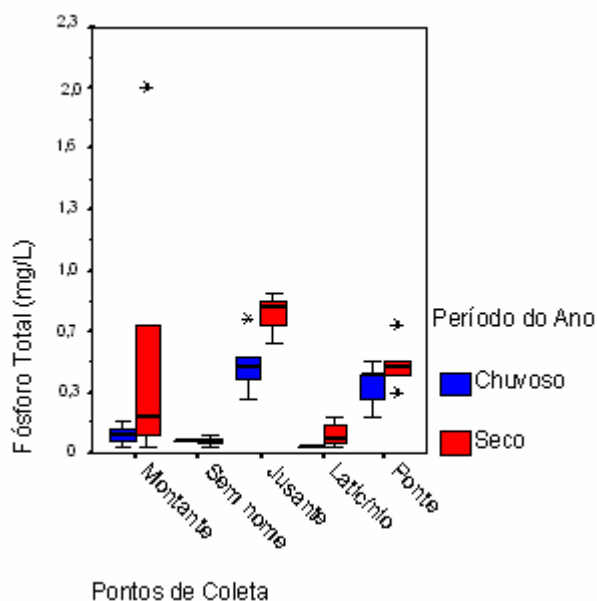


FIGURA 60. Distribuição dos resultados da concentração de Fósforo Total nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

#### 5.4.4. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias com geração de maus odores (VON SPERLING, 1996c).

O oxigênio dissolvido nas águas pode ser proveniente da atmosfera através da superfície, dependendo de características hidráulicas e da velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal (CETESB, 2004).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Através de medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (CETESB, 2004).

#### 5.4.4.1. Pontos de amostragem da ETE

Para se determinar o comportamento da variação espacial e temporal da concentração de Oxigênio Dissolvido nos pontos de amostragem da ETE, foi confeccionado o gráfico da Figura 61. Deste modo tornando possível a visualização das curvas de concentração Oxigênio Dissolvido (OD) do esgoto bruto e do efluente final da ETE. O comportamento do esgoto bruto não podia ser mais simples e previsível, na Figura 61 nota-se que a concentração de oxigênio é quase sempre zero no Ponto 1 (Esgoto Bruto), a não ser na coleta do dia 20/10/04, possivelmente por causa do fluxo turbulento na entrada da caixa de areia. A concentração de carga orgânica e de microorganismos decompositores no esgoto bruto doméstico é tão alta que todo o oxigênio provavelmente acaba por ser consumido no trajeto até a ETE.

Quanto ao Ponto 2 (Efluente Final), observando-se a Figura 61 percebe-se que existem variações que não acompanham o andamento das chuvas.

Para o auxílio da interpretação do gráfico da Figura 61, também foram confeccionados o Quadro 28 e a Figura 62, onde no Quadro 28 estão expostos valores mínimos, máximos e médios além dos desvios padrões das concentrações de OD no esgoto bruto e no efluente final da ETE. Na Figura 62 foram agrupados os valores de concentrações de OD dos pontos de amostragem da ETE em períodos seco e chuvoso, facilitando o entendimento da influência das chuvas no comportamento das concentrações de OD.

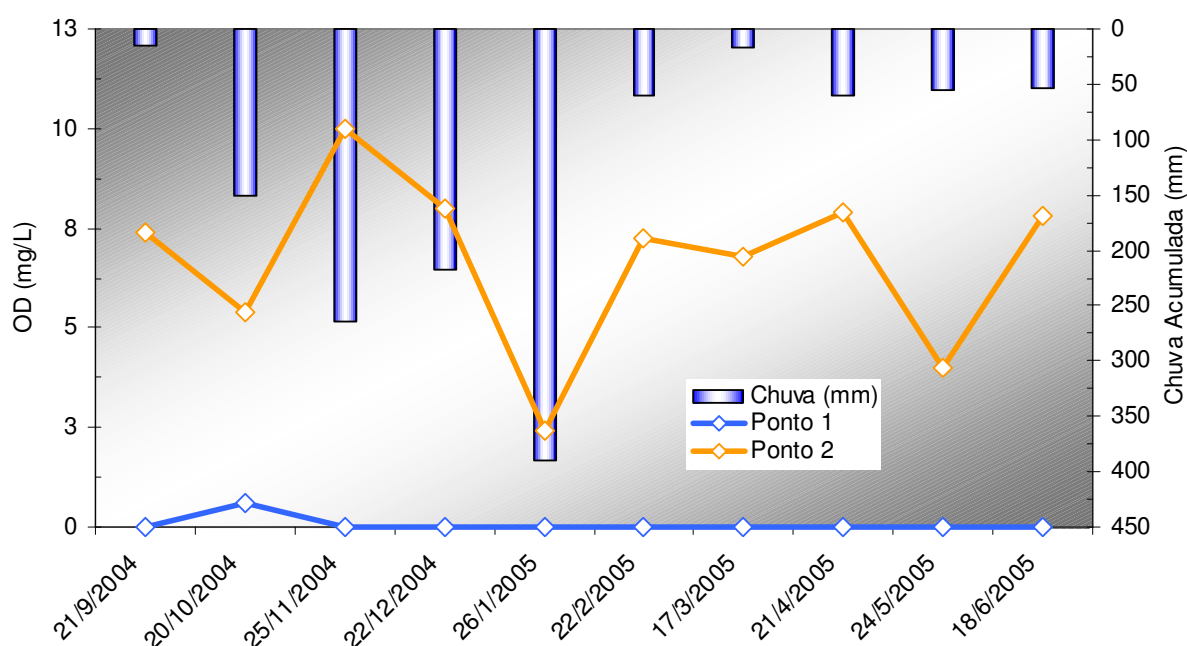


FIGURA 61. Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem da ETE.

Observando-se a Figura 62 percebe-se que existe um equilíbrio entre o período seco e o chuvoso. Sendo que o período chuvoso é levemente superior ao período seco em se tratando da concentração de OD no efluente final da ETE. O Quadro 28 ainda explicita que as variações de OD no efluente final vão de 2,4mg/L O<sub>2</sub> até 10,0mg/L O<sub>2</sub>, o que faz perceber a instabilidade deste parâmetro. De acordo com VON SPERLING (1996b), a elevação da temperatura diminui a concentração de OD na água, VON SPERLING (1996a) afirma que durante as horas do dia sujeitas à radiação luminosa as algas produzem 15 vezes mais oxigênio do que consomem em horas noturnas, aumentando o OD conforme a quantidade de horas de insolação. De acordo com JORDÃO e PESSÔA (1995), longos períodos com tempo nublado e temperatura baixa afetam bastante as lagoas facultativas, que em períodos noturnos chega a ter OD igual a zero. Portanto, o pico do gráfico da Figura 61 na coleta de 26/01/05 provavelmente se deve à nebulosidade por longo período que a antecedeu, sendo que em janeiro de 2005 choveu 368,2mm.

QUADRO 28. Resultados de concentração de OD nos pontos de amostragem da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)         |                                  |                                 |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                          | MÍNIMO<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | MÁXIMO<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIA<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 0,0                              | 0,6                              | 0,1                             |
| Ponto 2 - Efluente Final | 2,4                              | 10,0                             | 6,7                             |

Quanto ao cumprimento das exigências de qualidade no tratamento do esgoto, a Resolução CONAMA 357/05 (2005) exige OD mínimo igual a 5,0mg/L O<sub>2</sub> para qualquer amostra água de mananciais. Deste modo, apenas a amostra de 21/01/05 estaria em desconformidade para corpos d'água Classe II, mostrando que a ETE trabalha com margem de segurança em relação ao OD.

Para que fossem melhoradas ainda mais as condições da ETE para o aumento de OD, propõe-se diminuir a altura da lâmina d'água e colocar em operação paralela uma segunda lagoa facultativa, pois abaixando o nível d'água diminui-se a zona anaeróbia da lagoa facultativa. Outra opção, segundo JORDÃO e PESSÔA (1995) seria instalar aeradores superficiais junto à entrada do afluente de maneira a completar com aeração a produção de oxigênio das algas.



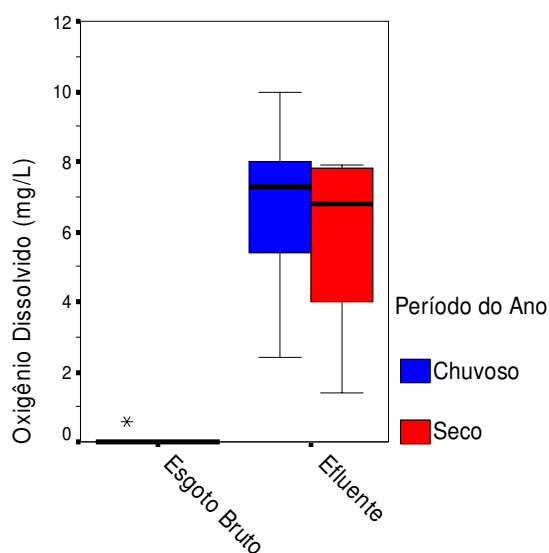


FIGURA 62. Distribuição dos resultados de concentração de OD nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

#### 5.4.4.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

Para se determinar o comportamento da variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, foi confeccionado o gráfico da Figura 63.

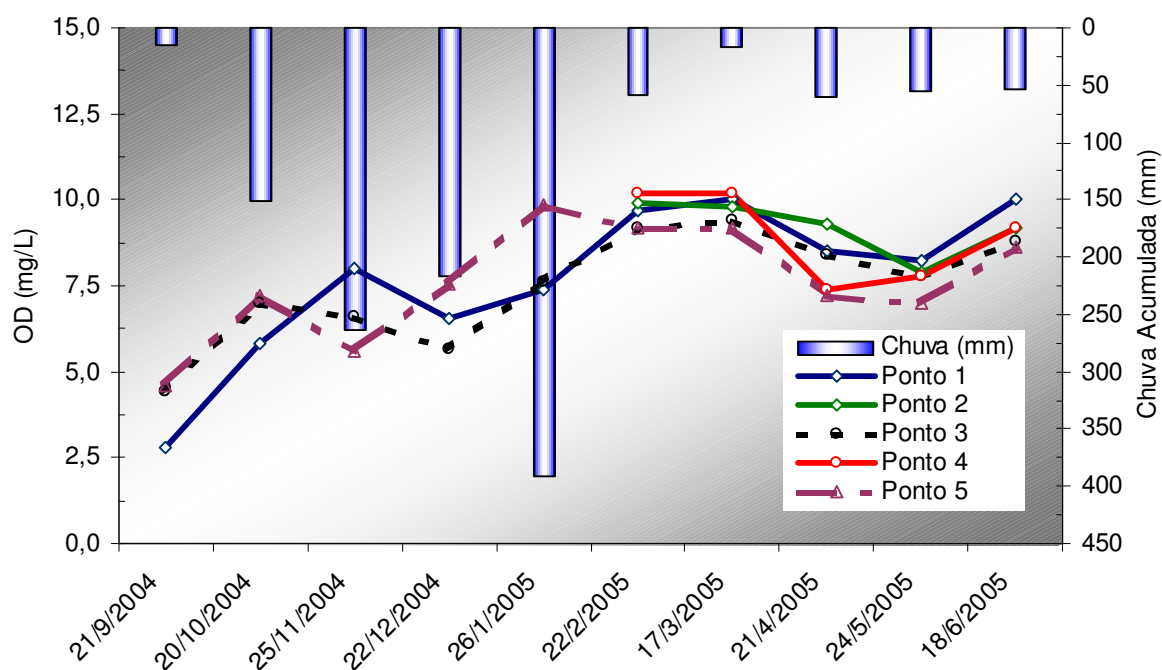


FIGURA 63. Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

Porém, para auxiliar a interpretação do gráfico da Figura 63, também foram confeccionados o Quadro 29 e a Figura 64, onde no Quadro 29 estão expostos valores mínimos, máximos e médios além dos desvios padrões das concentrações de OD nos respectivos pontos de amostragem dos mananciais. Na Figura 64 foram agrupados os valores de concentrações de OD nos pontos de amostragem dos mananciais em períodos seco e chuvoso, facilitando o entendimento da influência das chuvas no comportamento das concentrações de OD.

A Figura 63 permite visualizar que as curvas de concentração de OD dos pontos de amostragem dos mananciais, exceto a curva do Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) seguem uma tendência ascendente nos períodos de menores precipitações. Esse comportamento pode ser confirmado analisando-se na Figura 64 que Contudo, observando-se a coleta do dia 21/09/04 nota-se que a condição do Ponto 1 (Montante - Córrego água da Bomba) influenciou as condições de concentração dos outros pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba.

Mesmo existindo uma tendência de comportamento, houve um pico que chamou a atenção, a coleta do dia 21/09/04, quando houve um decréscimo de OD nas águas do Córrego Água da Bomba em relação às outras coletas em períodos secos. Tendo-se observado as características físicas dos locais a montante do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) verificou-se que existe a influência de despejos de esgotos clandestinos (lava jato), como já foi citado anteriormente. Portanto, provavelmente na coleta do dia 21/09/04 o que gerou decréscimo de OD nas águas do Córrego Água da Bomba foram despejos clandestinos.

Ainda analisando o gráfico da Figura 63 percebe-se um comportamento curioso entre as curvas dos Pontos 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba). As curvas alternam de posições entre si quando passam do período chuvoso para o seco. A curva do ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) passa de uma situação intermediária, concentração de OD inferior ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) e OD superior ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), no período chuvoso para uma situação de superioridade em concentração de OD a estes dois pontos de coleta no período seco. Isto pode ser explicado verificando-se que durante o período chuvoso o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) sofre influência das águas de drenagem da cidade e no Ponto 5 (Ponte - Córrego água da Bomba) já houve uma depuração do córrego por influência de diluições e de ações hidrodinâmicas, enquanto que durante o período seco o Ponto 1 (Montante -

Córrego Água da Bomba) não sofre influência de águas de drenagem da cidade e no Ponto 5 (Jusante - Córrego Água da Bomba) os fatores de diluição diminuem assim como as ações hidrodinâmicas, em virtude da diminuição da vazão.

Quanto ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), percebe-se que este sofre influência da ETE, que possui uma média de OD inferior a do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba), como se vê comparando os dados dos Quadros 28 e 29, podendo ser este o fator que decresce o OD do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) em relação ao OD do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) tanto no período chuvoso como no seco. Relacionando os comportamentos dos Pontos 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) e 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) nota-se que durante o período chuvoso o OD aumenta quando se acompanha o caminho das águas, mostrando uma autodepuração neste trecho do manancial, provavelmente devido a fatores de diluição e ações hidrodinâmicas. Entretanto no período seco o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) passa a ter uma concentração maior que no período chuvoso e o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) passa a ter uma concentração menor, provavelmente pela diminuição das chuvas, porque o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) passa a sofrer influência de uma melhora das condições do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) e o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) passa a ter uma vazão diminuída que influi nas ações hidrodinâmicas que no período chuvoso aumentavam a concentração de OD.

QUADRO 29. Distribuição dos resultados da concentração de OD nos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba e seus Afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio.

| PONTOS DE AMOSTAGEM    | DESCRITIVA                    |                               |                              | DESVIO PADRÃO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
|                        | MÍNIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÁXIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIA (mg/L O <sub>2</sub> ) |                                      |
| Ponto 1(Montante) - CB | 2,8                           | 10,0                          | 7,7                          | 2,23                                 |
| Ponto 2 – CSN          | 7,9                           | 9,9                           | 9,2                          | 0,80                                 |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 4,4                           | 9,4                           | 7,5                          | 1,60                                 |
| Ponto 4 – CL           | 7,4                           | 10,2                          | 9,0                          | 1,31                                 |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 4,6                           | 9,9                           | 7,6                          | 1,67                                 |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Analisando-se o Quadro 29 é possível se verificar por meio dos desvios padrões que o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) foi o que sofreu maiores variações de OD, pois como já explicado, este ponto de coleta passou da

pior condição dos Pontos de coleta do Córrego Água da Bomba para a melhor condição de concentração de OD no período seco. Entretanto, mesmo havendo variações de OD, os valores médios apontam nos Pontos 1, 3 e 5 (Córrego Água da Bomba) que existe um valor de 7,5 mg/L O<sub>2</sub> que permanece como padrão para estes três pontos.

Quanto aos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Laticínio), percebe-se que acompanham o desenvolvimento dos outros pontos na Figura 63, porém suas médias são maiores que as médias dos outros pontos no Quadro 29 e seus comportamentos na Figura 64 também diferem do comportamento da Figura 63. Como explicar isso? Foram feitas coletas nos Pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio) apenas em períodos de menores pluviosidades, tendenciando as suas médias a serem mais altas. Quanto ao comportamento na Figura 64, que agrupa períodos secos e chuvosos, ocorreram distorções, pois trabalhou-se apenas com períodos secos. Entretanto, mesmo assim, foram importantes as coletas nestes pontos para a caracterização dos Córrego Sem Nome e do Laticínio.

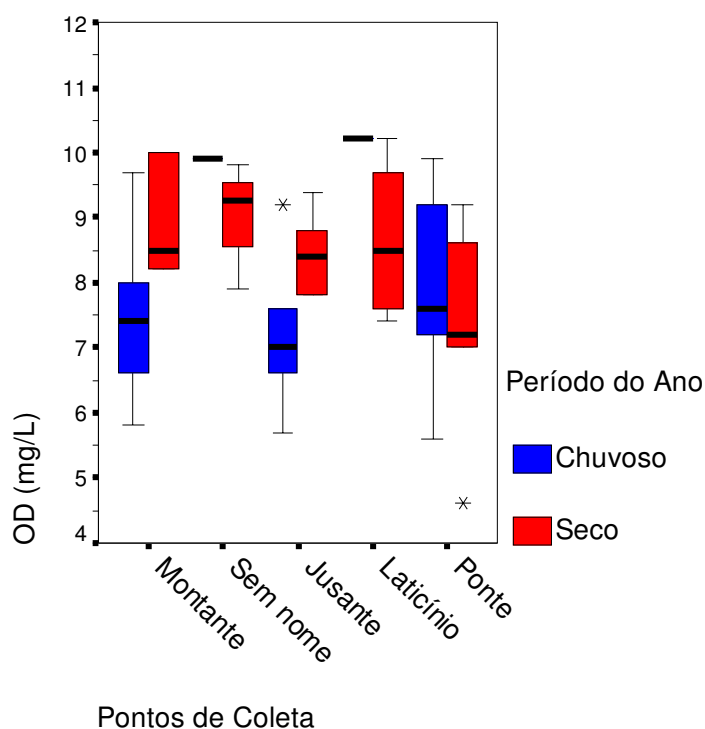


FIGURA 64. Distribuição dos resultados da concentração de OD nos pontos dos Córregos Água da Bomba, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos seco e chuvoso.

Observa-se que nem em todos os momentos os mananciais estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), apesar dos valores médios de OD no Quadro 29 apresentarem-se em boas condições. A Resolução CONAMA 357/05 (2005) exige OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>. Para tanto, deve-se retirar das margens dos mananciais toda e qualquer contribuição de esgotos clandestinos, assim como tratar as águas de drenagem da cidade, que são lançadas sem qualquer tratamento prévio e melhorar as condições da ETE conforme proposto no subitem anterior.

#### **5.4.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C é freqüentemente usado e referido como DBO.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

No campo do tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos (embora de fato ocorra demanda de oxigênio apenas nos processos aeróbios, a demanda “potencial” pode ser medida à entrada e à saída de qualquer tipo de tratamento). Na legislação do Estado de São Paulo, o Decreto Estadual n.º 8468, a DBO<sub>5,20</sub> de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo exigidos ou uma DBO máxima de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção de DBO igual a 80%.

#### 5.4.5.1. Pontos de amostragem da ETE

As Figuras 65 e 66 ilustram a variabilidade temporal da DBO do esgoto bruto, bem como do efluente final da ETE, além das quantidades nos períodos seco e chuvoso.

De acordo com a Figura 65, pode-se verificar uma tendência de redução dos valores de DBO no Ponto 1 da ETE (Esgoto Bruto) quando há um aumento das chuvas, mostrando uma possível influência de ligações pluviais clandestinas na malha de redes de esgotos da cidade de Regente Feijó. Portanto, a relação entre a redução da DBO no Ponto 1 da ETE (Esgoto Bruto) e o aumento das chuvas, provavelmente se deve à diluição da matéria orgânica pelas águas pluviais. Entretanto, ao se tratar do comportamento da DBO no Ponto 2 da ETE (Efluente Final), pela Figura 65, verifica-se uma tendência de estabilidade da lagoa facultativa, que pode ser proporcionada pela inércia do volume do reserva da lagoa, que resulta num tratamento regularizado do esgoto, independente dos períodos chuvoso ou seco.

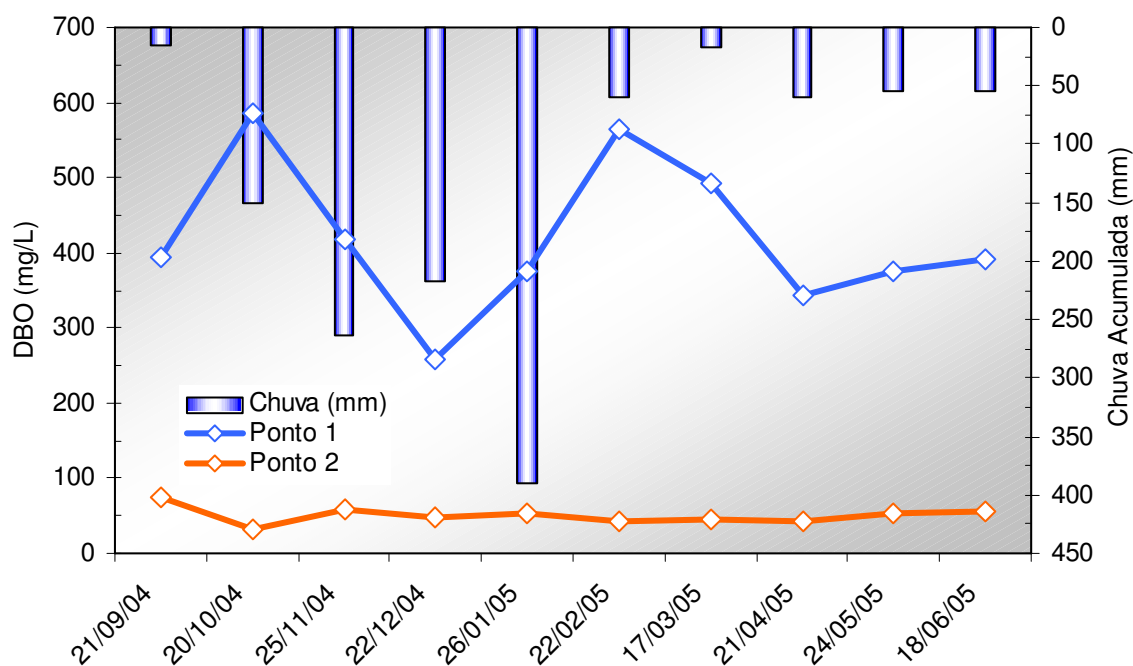


FIGURA 65. Variação espacial e temporal de DBO nos pontos da ETE.

No Quadro 30 encontram-se os valores mínimos, máximos e médios e o desvio padrão do parâmetro DBO das amostragens da ETE, além do rendimento médio de redução de DBO pela ETE.

QUADRO 30. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO |                               |                              | EFICIENCIA DE REMOÇÃO |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|
|                          | MÍNIMO (mg/L O <sub>2</sub> )  | MÁXIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIA (mg/L O <sub>2</sub> ) |                       |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 258,0                          | 585,4                         | 419,1                        | 87,97%                |
| Ponto 2 - Efluente Final | 31,3                           | 73,8                          | 50,4                         |                       |

Verifica-se através do Quadro 30 que o tratamento do esgoto em relação ao parâmetro DBO é bastante satisfatório, pois em todas as amostragens o rendimento do tratamento da ETE foi superior ao valor de 80% estabelecido pela legislação do Estado de São Paulo, no Decreto Estadual n.º 8468, sendo que a média do rendimento foi de 87,97%. A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não faz alusão ao parâmetro de DBO para despejos de efluentes em corpos d'água Classe II.

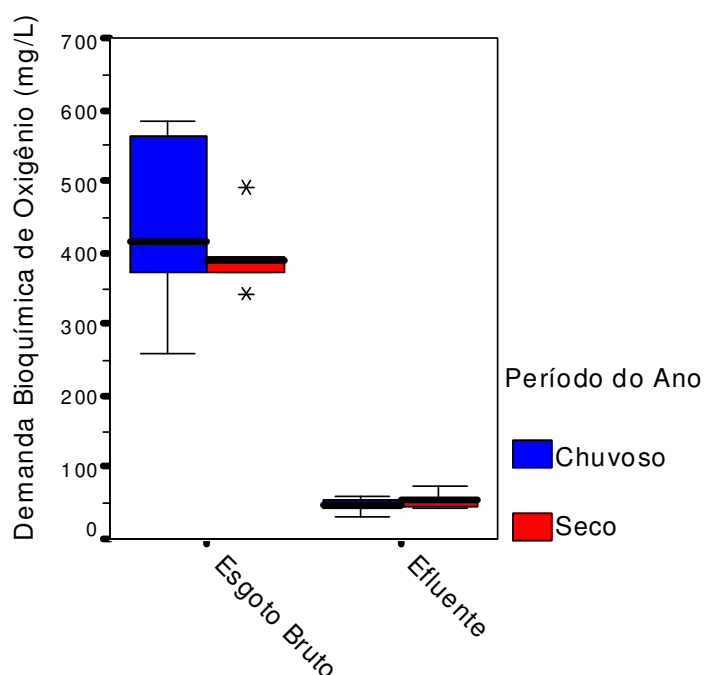


FIGURA 66. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Para se melhorar as condições de tratamento de esgoto para remoção de DBO, a recirculação seria uma boa solução, diluindo-se o esgoto bruto com o efluente final da lagoa facultativa. JORDÃO e PESSÔA propõem que seja recirculado 1/6 da vazão do efluente final da ETE em caso de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa.

#### 5.4.5.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

As Figuras 67 e 68 ilustram a variabilidade temporal da DBO do Córrego Água da Bomba e seus afluentes Sem Nome e Córrego do Laticínio correlacionada com as variações de pluviosidade nos períodos seco e chuvoso.

Por meio da Figura 67 verifica-se que a DBO tendeu a diminuir nos períodos chuvosos, nos pontos 1, 3 e 4 (Córrego Água da Bomba), em função da diluição da carga de matéria orgânica em consequência do aumento da vazão do córrego. Entretanto o mesmo não pode ser dito em relação aos pontos 2 (Córrego Sem Nome) e 4 (Córrego do Laticínio). Analisando-se o comportamento do Ponto 2, verifica-se uma certa constância nos valores de DBO, que pode ser comprovado pelo seu baixo desvio padrão (1,91 mg/L O<sub>2</sub>). Já no Ponto 4 (Córrego do Laticínio), existe uma variação da DBO que não corresponde totalmente à variação das chuvas, o que provavelmente se deve a influência do despejo de um pequeno laticínio.

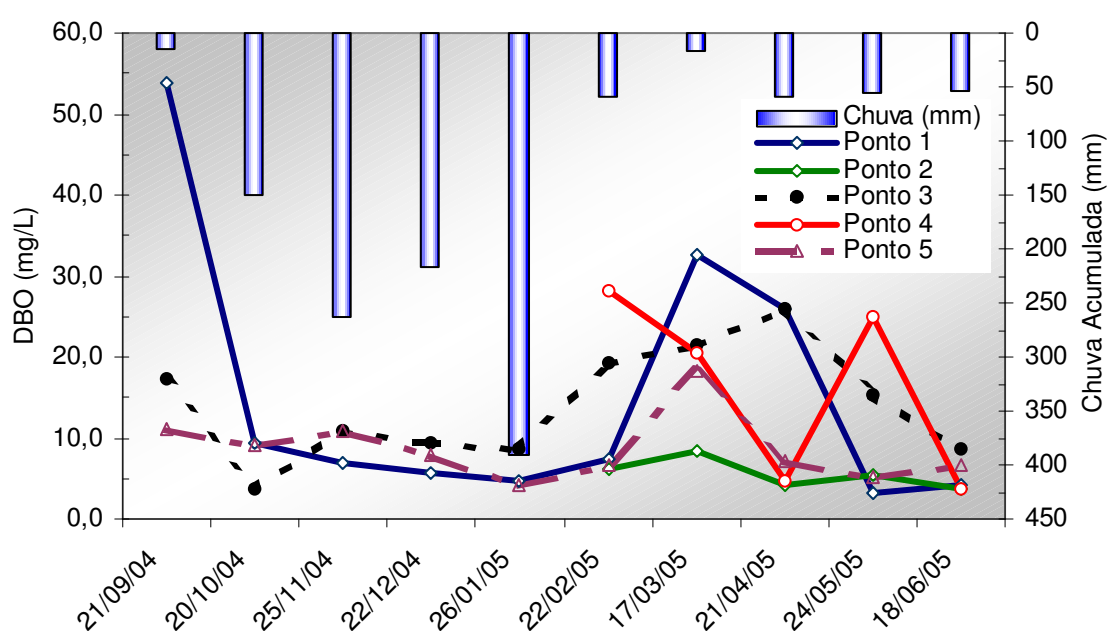


FIGURA 67. Variação espacial e temporal de DBO nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.

No Quadro 31 estão discriminados os valores mínimos, máximos e médios de DBO para cada ponto de coleta dos Córregos Água da Bomba, Sem Nome e Laticínio, e seus desvios padrões.



QUADRO 31. Distribuição dos resultados de DBO nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO |                               |                              | DESVIO PADRÃO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L O <sub>2</sub> )  | MÁXIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIA (mg/L O <sub>2</sub> ) |                                      |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 3,2                            | 54,0                          | 15,4                         | 16,83                                |
| Ponto 2 - CSN           | 3,6                            | 8,5                           | 5,6                          | 1,91                                 |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 3,6                            | 26,0                          | 14,0                         | 6,96                                 |
| Ponto 4 - CL            | 3,6                            | 28,1                          | 16,4                         | 11,52                                |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 4,3                            | 18,3                          | 8,7                          | 4,02                                 |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio  
 Limite máximo de DBO a 20°C é 5 mg/L O<sub>2</sub> Fonte: CONAMA 357/05 (2005).

Observando-se o Quadro 31, com relação aos Pontos 1, 3 e 5 (Córrego Água da Bomba), verifica-se que existe uma melhoria da qualidade da água em relação ao parâmetro DBO conforme há o deslocamento da água para a jusante. O Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é um ponto que sofre influência do despejo de águas de drenagem e esgotos clandestinos da cidade de Regente Feijó, o que provavelmente agrava as condições para que a DBO seja alta em função das contaminações por matéria orgânica. Já em relação ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), as condições do parâmetro DBO são melhores que no Ponto 1, mesmo se localizando após o lançamento do efluente final da ETE, pois à montante do Ponto 3 existe a confluência dos Córregos Água da Bomba com o Córrego Sem Nome, caracterizado pelo Ponto 2. Quanto ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), observa-se que a sua média de DBO é menor que nos outros pontos ao longo do Córrego Água da Bomba, indicando a autodepuração do córrego (Quadro 31).

Os valores de DBO, nos pontos de coleta do córrego, divididos entre períodos chuvoso e seco, estão apresentados na Figura 68, podendo verificar-se o comportamento irregular do ponto 4 (Córrego do Laticínio).

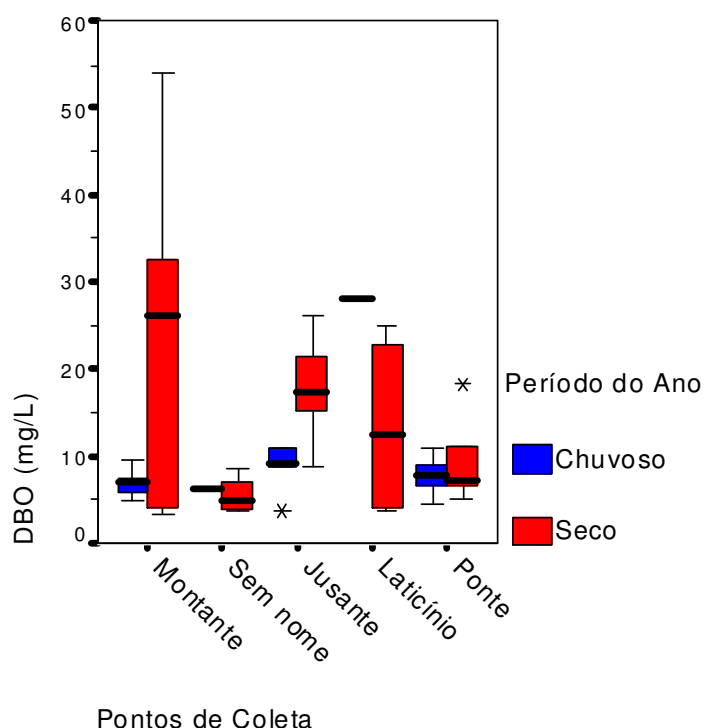


FIGURA 68. Distribuição dos resultados de DBO na água dos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes entre os períodos, seco e chuvoso.

Analizando-se tanto o sistema de tratamento de esgoto integrado com o Córrego Água da Bomba, em relação ao parâmetro DBO, verifica-se que a influência do efluente final da ETE no Córrego Água da Bomba é abrandada pela confluência do Córrego Sem Nome, sendo que 70% das amostras colhidas no Ponto 2 (Córrego Sem Nome) estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 (2005). Também pode se constatar que existe uma depuração média através dos dados da Quadro 31, do Ponto 1 (- Montante - Córrego Água da Bomba) para o ponto 3 (Jusante - Córrego água da Bomba) de 9,09% de DBO e do ponto 3 (Jusante - Córrego água da Bomba) ao 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) de 37,86%, totalizando 43,51% no trecho do ponto 1 ao 5.

Quanto ao cumprimento das exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005), nota-se que em média nenhum dos pontos cumpre as determinações de DBO menor que 5mg/L O<sub>2</sub> para corpos d'água Classe II.

Pode se perceber também, pelo Quadro 31 que a ETE não está sozinha na condição de poluidor de matéria orgânica, pois a DBO do Córrego Água da Bomba à sua montante também não está em conformidade com os valores propostos na Resolução CONAMA 357/05 (2005).

Para a melhoria de remoção de DBO seria necessária a remoção de todos os esgotos clandestinos à margem do Córrego Água da Bomba, tratar previamente ou reutilizar as águas de drenagem urbana, evitar o carreamento de matérias orgânicas para o leito dos mananciais, reduzindo as erosões através de práticas de plantio direto e utilização de técnicas de terraceamento, além da reconstituição das matas ciliares nativas.

#### **5.4.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO (demanda química de oxigênio) normalmente são maiores que os da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2004).

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações DQO/DBO de 3/1, por exemplo. Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável (CETESB, 2004).

Neste trabalho a demanda química de oxigênio vem suprir as deficiências apresentadas pelo parâmetro de demanda bioquímica de oxigênio. Pois a DBO mede a demanda de oxigênio devida a agentes biológicos, enquanto que não são apenas estes agentes que demandam oxigênio. De acordo com VON SPERLING (1996c), o teste de DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente.

#### 5.4.6.1. Pontos de amostragem da ETE

A Figura 69 ilustra a variabilidade temporal da concentração da Demanda Química de Oxigênio (DQO) do esgoto bruto, bem como do efluente final da ETE. Para se complementar a Figura 69, confeccionou-se a Figura 70, que agrupa os valores de DQO em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas. Também foi confeccionado o Quadro 32, que exhibe valores mínimos, máximos e médios de DQO para os pontos de amostragem da ETE, além do percentual de eficiência de remoção da DQO pelo tratamento de esgoto.

Por meio das Figuras 69 e 70 é possível perceber a tendência do esgoto bruto e do efluente final de sofrerem um decréscimo da DQO durante os períodos chuvosos. Sendo menor a variação da DQO no efluente final do que no esgoto bruto. Tal comportamento da ETE em relação à DQO é similar ao comportamento da DBO, guardadas as proporções, posto que os dois parâmetros são medidores de demanda de oxigênio. Deste modo, os fatores que alteram o comportamento da DQO na ETE podem ser considerados os mesmos da DBO, descritos no item 5.4.5.1.

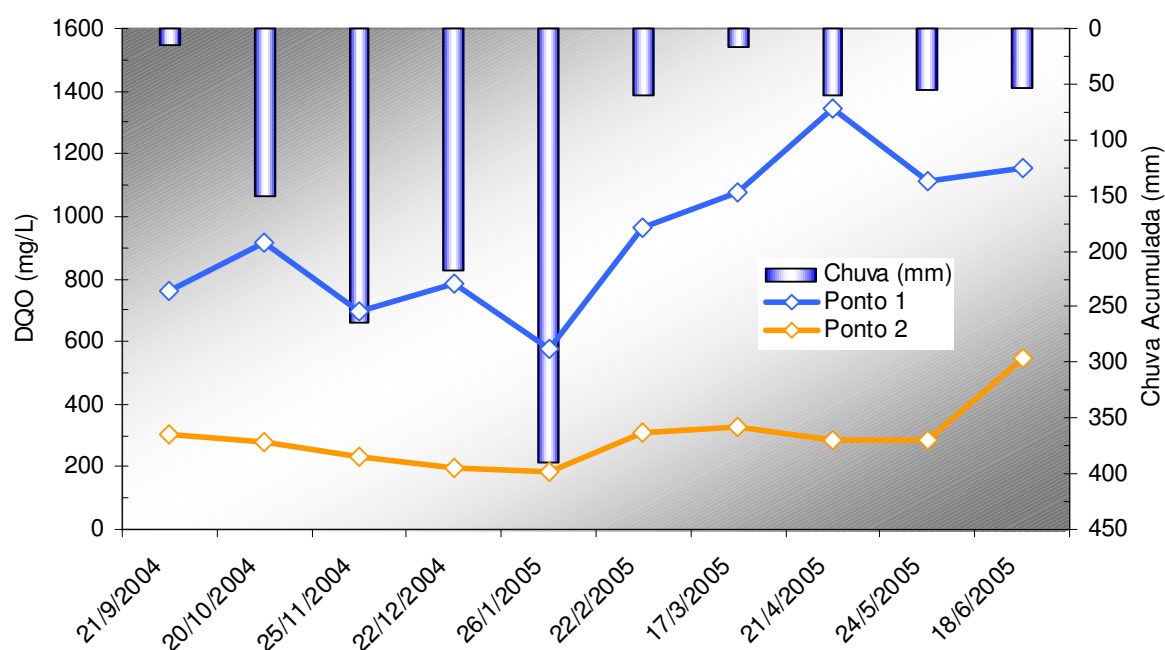


FIGURA 69. Variação espacial e temporal de DQO nos pontos da ETE.

CETESB (2004) indica o tratamento biológico apenas para efluentes que tenham a relação DQO/DBO inferiores a 3/1 e conforme os valores de esgoto bruto dos Quadros 31 e 32 para DBO e DQO respectivamente, a relação do esgoto bruto da ETE de Regente Feijó é de aproximadamente 2/1, portanto a relação DBO/DQO para o tratamento do esgoto da ETE está dentro dos valores indicados por CETESB (2004) para tratamento biológico.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não contempla padrões de DQO para lançamento de efluentes. Entretanto considera-se uma boa eficiência da ETE em remover 68% da DQO do esgoto bruto, conforme especificado no Quadro 32.

QUADRO 32. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | DEMANADA QUÍMICA DE OXIGÊNIO<br>MÍNIMO<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | MÁXIMO<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIO<br>(mg/L O <sub>2</sub> ) | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO |
|--------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 575,0  | 1342,0                           | 938,5                           | 68%                   |
| Ponto 2 - Efluente Final | 186,0  | 546,0                            | 295,8                           |                       |

Quanto às proposições para melhoria da eficiência de remoção da DQO, pode se considerar as mesmas citadas para a DBO.

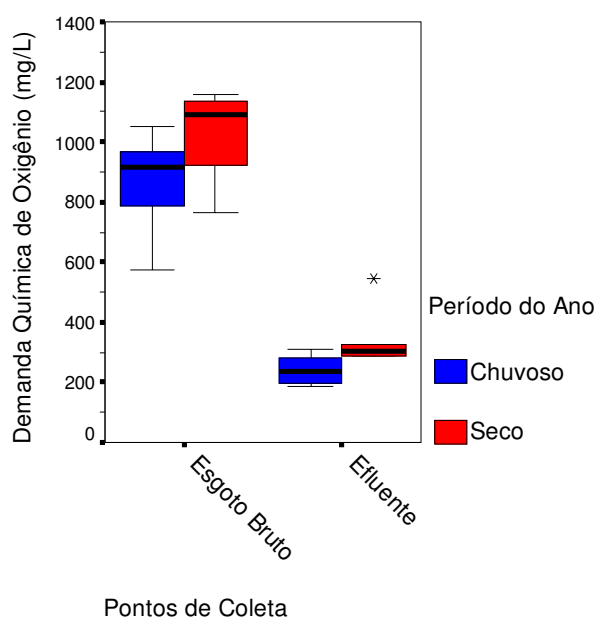


FIGURA 70. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

#### 5.4.6.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

A Figura 71 ilustra a variabilidade temporal da concentração da Demanda Química de Oxigênio (DQO) dos pontos de amostragem de mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Para complementar a Figura 71, confeccionou-se a Figura 72, que agrupa os valores de DQO em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas. Também foi confeccionado o Quadro 33, que exhibe valores mínimos, máximos e médios de DQO para os pontos de amostragem dos mananciais, além dos seus desvios padrões.

Observando-se o gráfico da Figura 71, nota-se um comportamento semelhante ao da DBO nos mananciais, guardadas as devidas proporções de demanda de oxigênio. Entretanto, em algumas coletas obteve-se DQO zero, sendo que estes valores foram mascarados por apresentarem DQO inferior ao valor mínimo de leitura do equipamento de determinação utilizado. Portanto nestes casos trata-se de valores próximos a zero. Tanto na Figura 71 como no Quadro 32 podem ser observados estes valores.

Apesar da similaridade entre os gráficos da Figura 71 (DQO) e da Figura 67 (DBO) há uma discrepância na coleta do dia 21/01/05, quando o gráfico da Figura 71 apresenta um pico de DQO, provavelmente ocasionado por despejos clandestinos do lava jato à montante da ETE, dado que a diferença entre DBO e DQO é dada apenas pelo oxigênio demandando por elementos quimicamente. Esta oscilação de DQO no gráfico da Figura 71 portanto só pode ser proveniente de efluentes químicos e não orgânicos, senão o pico ocorreria também na Figura 67 (DBO), daí a desconfiança de que o poluente responsável seja do lava jato. Excluído o pico do dia 21/01/05, pode-se considerar que todo o comportamento dos pontos de amostragem dos mananciais em relação à DQO têm os mesmos fatores de influência que os da DBO, citados anteriormente.

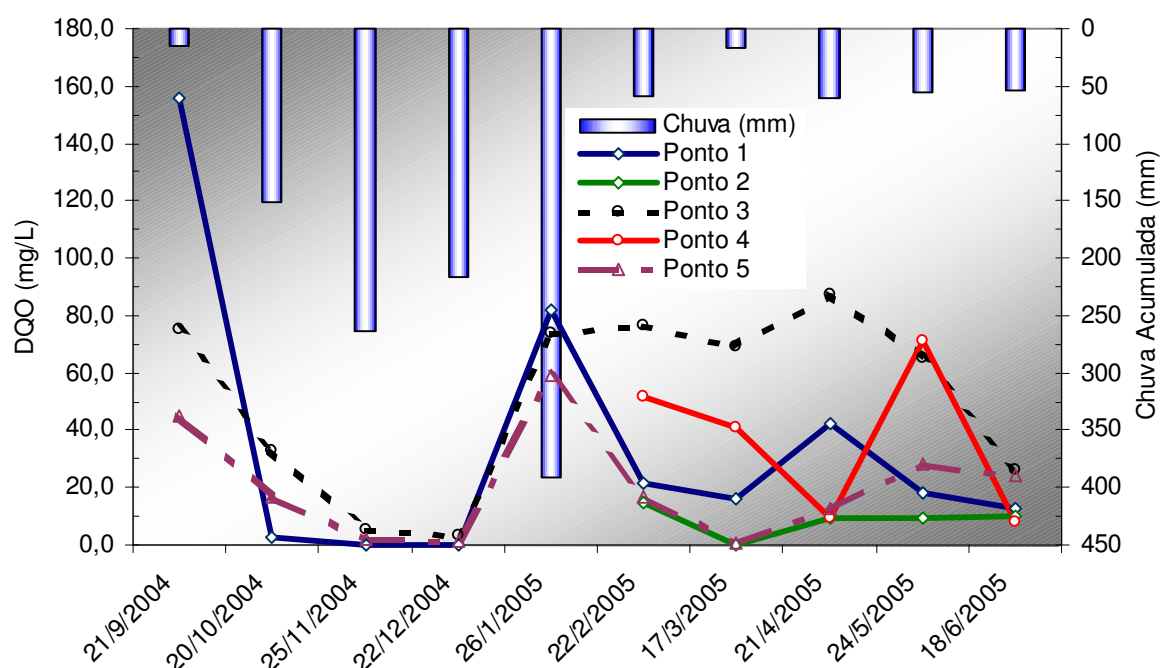


FIGURA 71. Variação espacial e temporal de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.

QUADRO 33. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO   |                               |                              | DESVIO PADRÃO (mg/L O <sub>2</sub> ) |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
|                         | MÍNIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÁXIMO (mg/L O <sub>2</sub> ) | MÉDIA (mg/L O <sub>2</sub> ) |                                      |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 0,0                           | 156,0                         | 35,1                         | 49                                   |
| Ponto 2 – CSN           | 0,0                           | 14,8                          | 8,7                          | 5                                    |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 3,4                           | 87,2                          | 51,4                         | 31                                   |
| Ponto 4 – CL            | 8,0                           | 71,0                          | 36,1                         | 27                                   |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 1,0                           | 59,0                          | 20,7                         | 19                                   |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Analisando-se o Quadro 33, nota-se novamente a similaridade entre o comportamento da DQO e da DBO. Isto porque percebe-se através dos valores médios que há uma autodepuração do Córrego Água da Bomba conforme se caminha do Ponto 3 (Jusante – Córrego Água da Bomba) para o Ponto 5 (Ponte – Córrego Água da Bomba), o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) é o que apresenta maior oscilação nos valores de DQO, assim como na DBO, tendo o maior desvio padrão de todos os pontos de amostragem dos mananciais.

Quanto às exigências da Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limites para DQO.

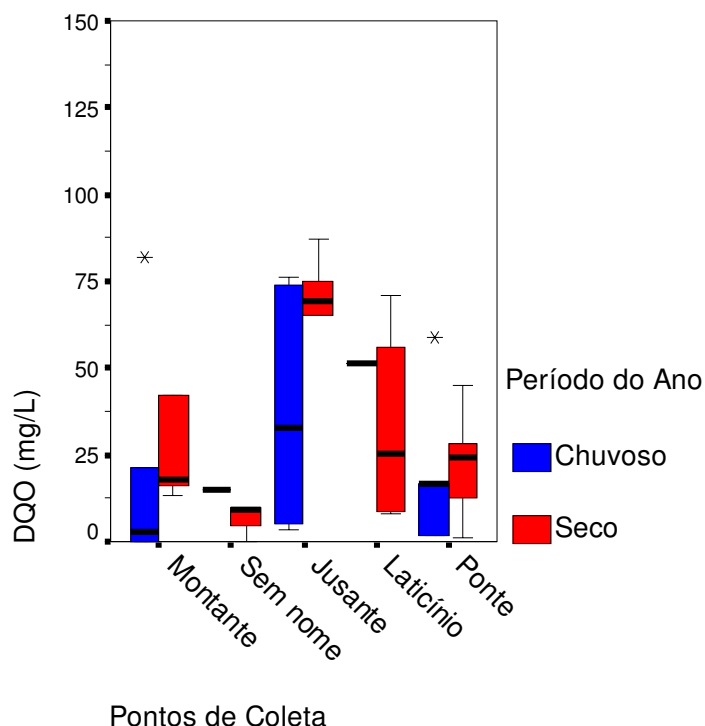


FIGURA 72. Distribuição dos resultados de DQO nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

## PARÂMETROS BIOLÓGICOS

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2004).

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 paratífóide, disenteria bacilar e cólera (CETESB, 2004).

O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de animais de sangue quente. Já o grupo de coliformes fecais (*Escherichia coli*), são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano.



### 5.5.1. Coliformes Fecais

#### 5.5.1.1. Pontos de amostragem da ETE

A Figura 73 ilustra a variabilidade temporal de *Escherichia coli* do esgoto bruto, bem como do efluente final da ETE. Para se complementar a Figura 73, confeccionou-se a Figura 74, que agrupa os valores de *Escherichia coli* em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas. Também foi confeccionado o Quadro 34, que exhibe valores mínimos, máximos e médios de *Escherichia coli* para os pontos de amostragem da ETE, além do percentual de eficiência de remoção da *Escherichia coli* pelo tratamento de esgoto.

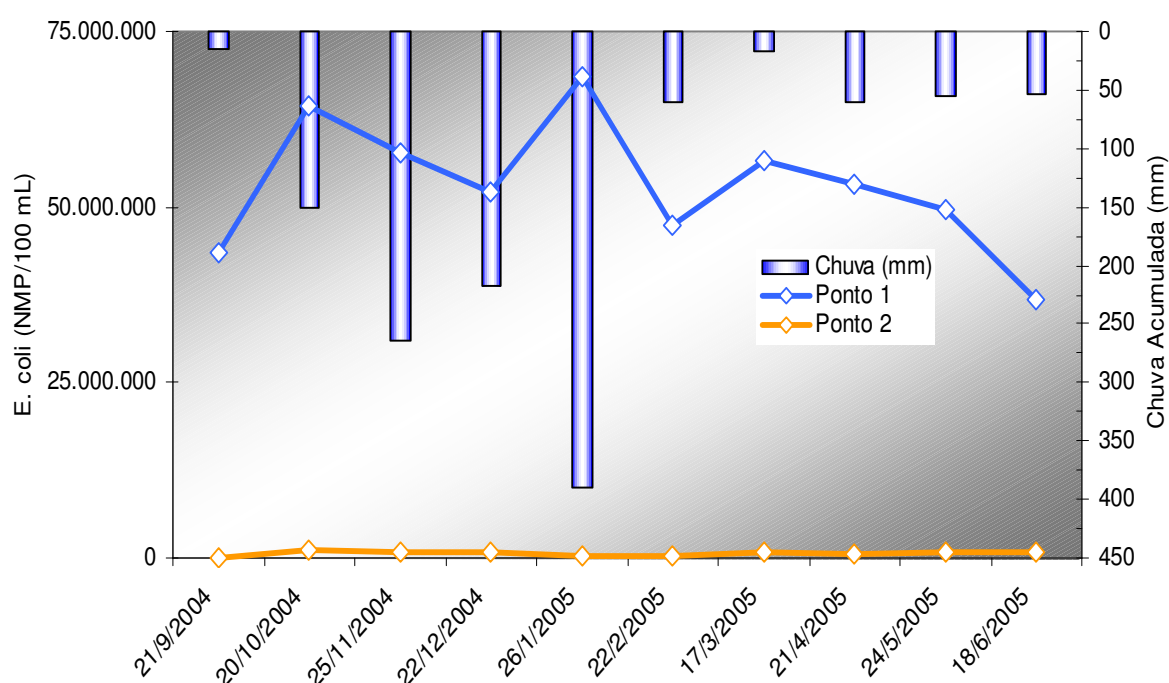


FIGURA 73. Variação espacial e temporal de *Escherichia coli* nos pontos da ETE.

Nota-se através da Figura 73 que existe uma tendência de se aumentar a quantidade de *Escherichia coli* no esgoto bruto durante os períodos chuvosos sendo que no efluente final a quantidade de *Escherichia coli* se mantém com menores variações do que no esgoto bruto devido à eficiência do tratamento que pode ser observada no Quadro 34 como tendo uma média de 99% de remoção. Tal comportamento pode ser observado também na Figura 74, onde os dados estão agrupados por períodos chuvoso e seco. Portanto, esse comportamento não é regido pela diluição, porque se assim fosse haveria uma minimização de *Escherichia*

*coli* durante os períodos chuvosos em função de ligações pluviais na rede de esgoto. Mas não é isso o que acontece, mostrando que as chuvas aumentam a vazão dos esgotos e carrega sedimentos que estavam incrustados nas paredes das redes de esgoto. Daí o possível aumento das quantidades de *Escherichia coli* nos períodos chuvosos.

QUADRO 34. Distribuição de *Escherichia coli* nos pontos da ETE.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM     | <i>Escherichia coli</i> |                    |                   | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
|                          | MÍNIMO (NMP/100mL)      | MÁXIMO (NMP/100mL) | MÉDIA (NMP/100mL) |                       |
| Ponto 1 - Esgoto Bruto   | 36.850.000              | 68.638.000         | 53.026.020        | 99%                   |
| Ponto 2 - Efluente Final | 13.200                  | 1.040.000          | 621.882           |                       |

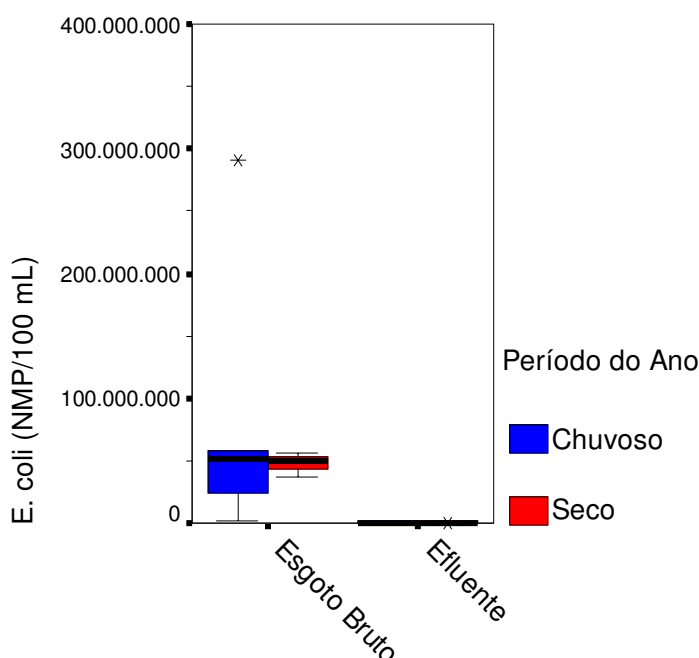


FIGURA 74. Distribuição dos resultados de *Escherichia coli* nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

#### 5.5.1.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

A Figura 75 ilustra a variabilidade temporal de *Escherichia coli* dos mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Para se complementar a Figura 75, confeccionou-se a Figura 76, que agrupa os valores de *Escherichia coli* em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas. Também foi confeccionado o Quadro 35, que exhibe valores mínimos, máximos e médios de

*Escherichia coli* para os pontos de amostragem dos mananciais, além do desvio padrão.

Percebe-se, observando-se a Figuras 75 que existe uma tendência de se aumentar a quantidade de *Escherichia coli* nos pontos do Córrego Água da Bomba nos períodos de seca. Entretanto alguns valores discrepantes distorcem as médias da Figura 76, invertendo os comportamentos verificados na Figura 75. Tal comportamento se deve a diluição pelas vazões mais altas nos períodos chuvosos.

Os Pontos dos afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio apresentam valores muito inferiores aos dos pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba, como pode se observar no Quadro 35, sendo que o Córrego Sem Nome chegou a apresentar até valor zero de *Escherichia coli*.

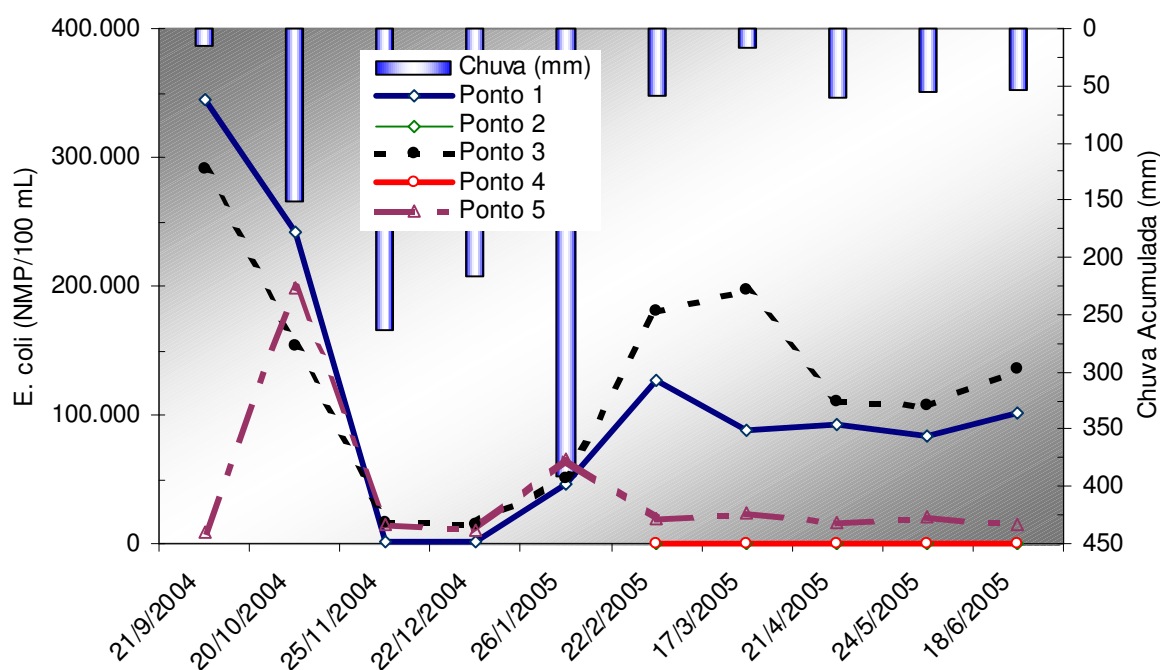


FIGURA 75. Variação espacial e temporal de *Escherichia coli* nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.

O número de coliformes fecais em nenhuma coleta foi inferior ao máximo de 2.000 NMP/100mL exigido na Resolução CONAMA 357/05 (2005), portanto todos os pontos de coleta em todas as amostragens ficaram em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/05 (2005).

QUADRO 35. Distribuição dos resultados de *Escherichia coli* nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM   | <i>Escherichia coli</i> |                    |                   | DESVIO PADRÃO (NMP/100mL) |
|------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|
|                        | MÍNIMO (NMP/100mL)      | MÁXIMO (NMP/100mL) | MÉDIA (NMP/100mL) |                           |
| Ponto 1(Montante) - CB | 820,00                  | 345.000,00         | 112.627,00        | 106.607,49                |
| Ponto 2 – CSN          | 0,00                    | 20,00              | 7,40              | 7,54                      |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 14.706,00               | 291.000,00         | 125.707,10        | 86.023,26                 |
| Ponto 4 – CL           | 152,00                  | 325,00             | 247,40            | 75,32                     |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 9.500,00                | 199.000,00         | 39.277,60         | 58.465,20                 |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Mesmo não obedecendo às exigências da Resolução CONAMA 357/05 (2005), observando-se os valores médios de *Escherichia coli* no Quadro 35, percebe-se que ocorre uma autodepuração ao longo do Córrego Sem Nome, porque do Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) ocorre uma diminuição de *Escherichia coli* de 69%.

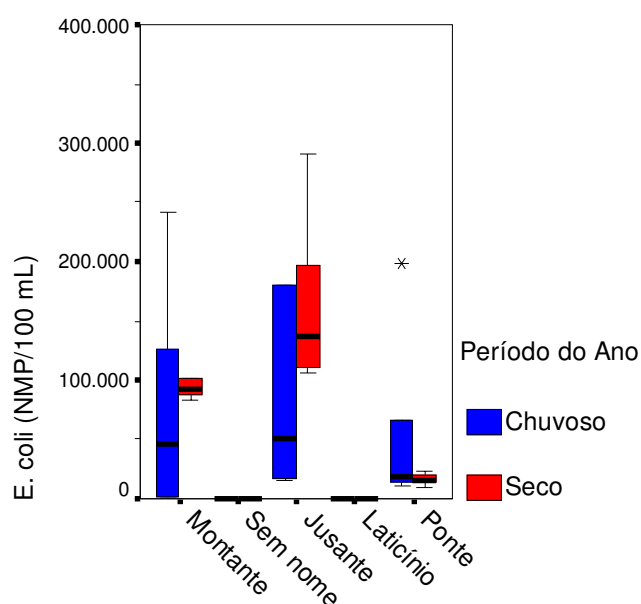


FIGURA 76. Distribuição dos resultados de *Escherichia coli* nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

Como sugestão para se melhorar as condições de microorganismos patológicos nos mananciais sugere-se que se elimine os despejos de esgoto clandestino, faça-se um tratamento das águas de drenagem urbana ou que estas águas sejam utilizadas para outros fins que não o do despejo e para que a ETE melhore mais ainda a sua eficiência, deve-se clorar o efluente final.

## 5.5.2. Coliformes Totais

### 5.5.2.1. Pontos de amostragem da ETE

A Figura 77 ilustra a variabilidade temporal de Coliformes Totais do esgoto bruto, bem como do efluente final da ETE. Para se complementar a Figura 77, confeccionou-se a Figura 78, que agrupa os valores de Coliformes Totais em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas.

Observando-se as Figuras 78 e 77 nota-se que existe uma maior quantidade de coliformes totais durante os períodos secos, mostrado que as chuvas acabam incidindo na diluição de coliformes na ETE.

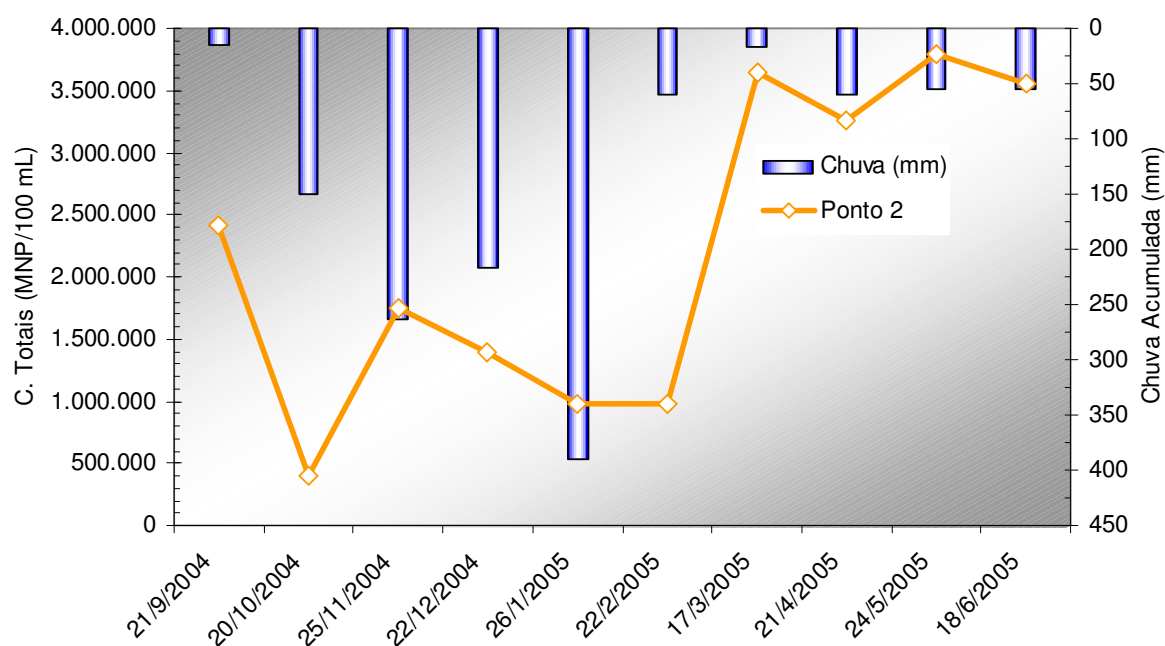


FIGURA 77. Variação espacial e temporal de Coliformes Totais nos pontos da ETE.

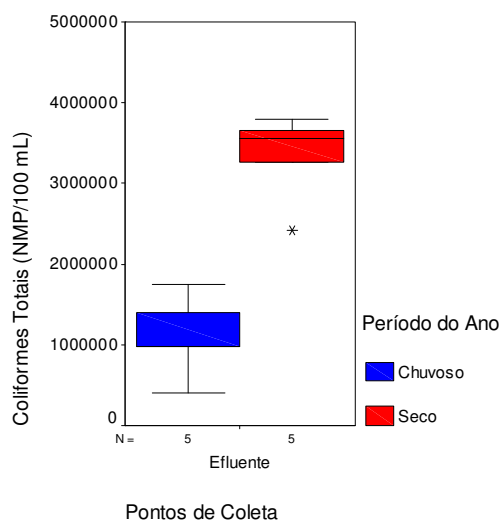


FIGURA 78. Distribuição dos resultados de Coliformes Totais nos pontos da ETE, entre os períodos, seco e chuvoso.

Para que a seja melhorado o tratamento de esgotos em relação a este parâmetro, sugere-se que seja clorado o efluente final.

#### 5.5.2.2. Pontos de amostragem dos Mananciais

A Figura 79 ilustra a variabilidade temporal de Coliformes Totais dos mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Para se complementar a Figura 79, confeccionou-se a Figura 80, que agrupa os valores de Coliformes Totais em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o entendimento do comportamento deste parâmetro laboratorial em função das chuvas. Também foi confeccionado o Quadro 36, que exibe valores mínimos, máximos e médios de Coliformes Totais para os pontos de amostragem dos mananciais, além do desvio padrão.

Observando-se as Figuras 79 e 80 nota-se claramente que o comportamento dos coliformes totais, no Córrego Água da Bomba, é de diminuir com as chuvas. De acordo com os dados em Anexo, o Córrego Sem Nome também acompanha esse comportamento dos outros pontos, mesmo tendo concentrações bem inferiores às dos pontos do Córrego Água da Bomba, porém o Córrego do Laticínio não apresenta esta regularidade, talvez por influência de despejos esporádicos do Laticínio.

Analisando-se a Figura 79 percebe-se que durante o período chuvoso o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) tem a maior concentração de coliformes totais

do Córrego Água da Bomba, talvez pelo efeito das águas de drenagem da cidade no Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba).

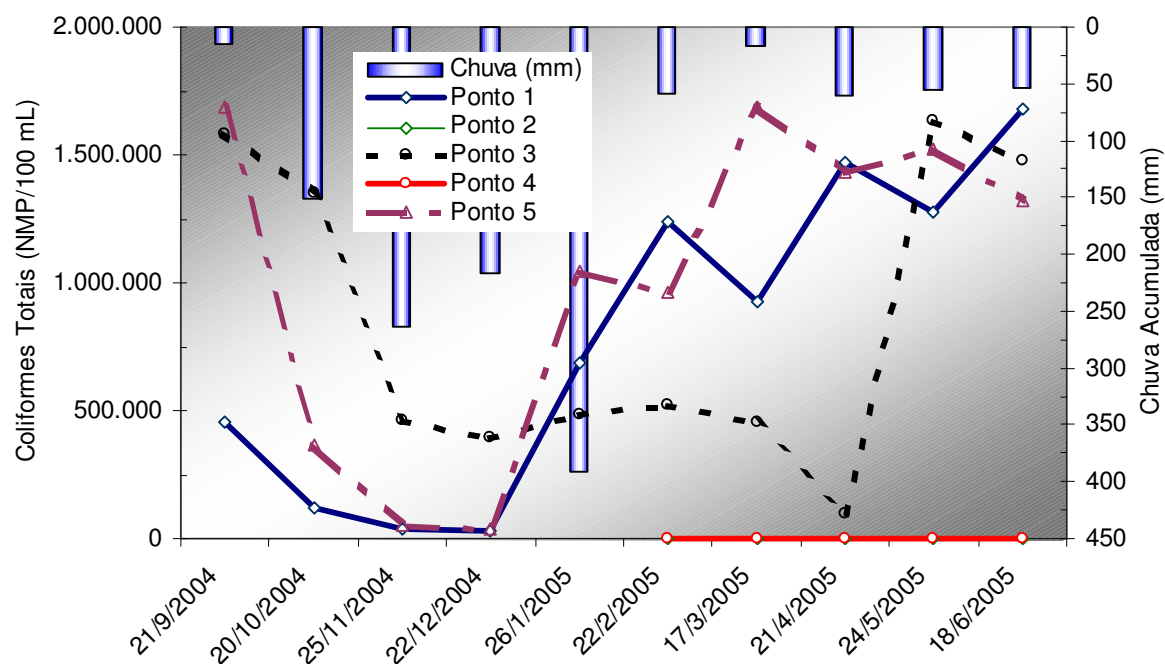


FIGURA 79. Variação espacial e temporal de *Escherichia coli* nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.

Analisando-se o Quadro 36 nota-se que existe uma aumento da quantidade de coliforme totais do ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), sendo esse aumento de 16%. Isto provavelmente ocorre devido ao carreamento de matéria orgânica dos pastos para o manancial ao longo do percurso deste trecho.

QUADRO 36. Distribuição dos resultados de Coliformes Fecais nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM   | COLIFORMES TOTAIS  |                    |                   | DESVIO PADRÃO |
|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------|
|                        | MÍNIMO (NMP/100mL) | MÁXIMO (NMP/100mL) | MÉDIA (NMP/100mL) |               |
| Ponto 1(Montante) - CB | 31.078             | 1.680.900          | 792.498           | 617.031,50    |
| Ponto 2 - CSN          | 350                | 563                | 428               | 83,74         |
| Ponto 3 (Jusante) - CB | 98.600             | 1.633.200          | 846.795           | 587.910,75    |
| Ponto 4 – CL           | 410                | 860                | 595               | 173,45        |
| Ponto 5 (Ponte) - CB   | 35.165             | 1.690.000          | 1.010.900         | 645.637,54    |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

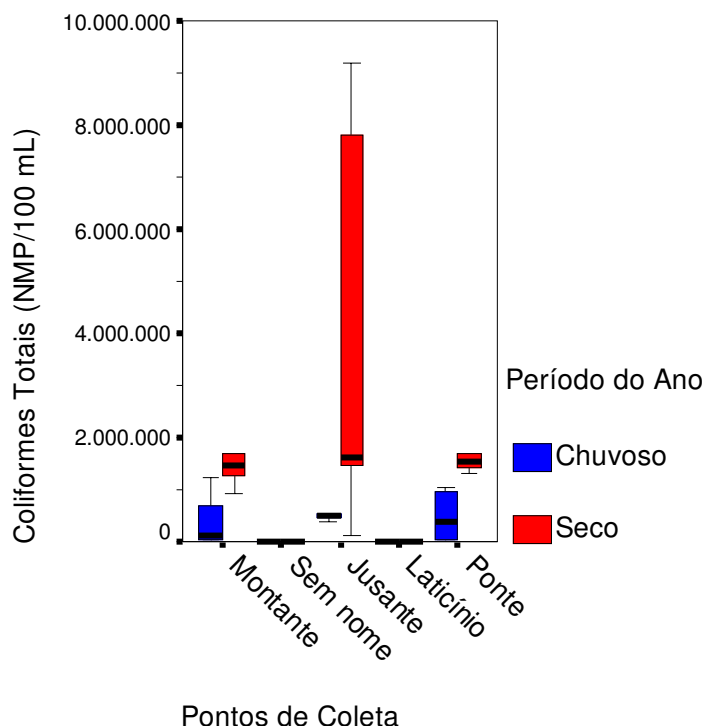


FIGURA 80. Distribuição dos resultados de Coliformes Totais nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

Quanto a qualidade da água, a Resolução CONAMA 357/05 (2005) não contempla o parâmetro de coliformes totais, entretanto, de acordo com a Resolução CONAMA 20/86 (2005), atualmente fora de vigor, o valor máximo aceitável para mananciais de Classe II é de 5.000 NMP/100mL. Deste modo, apenas o Córrego Sem Nome e o Córrego do Laticínio teriam suas médias de amostragem dentro dos padrões de exigência.

Para que se diminuam as quantidades de coliformes nos mananciais sugere-se que seja feita a conservação do solo e a reconstituição da mata ciliar nativa. Além disso, sugere-se também melhorias na ETE e no sistema de drenagem da cidade, sendo que as águas de drenagem urbana poderiam ter outros fins que não o despejo nos recursos hídricos.

## ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

A Figura 81 ilustra a variabilidade temporal do Índice de Qualidade das Águas (IQA) dos pontos de amostragem de mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Para complementar a Figura 81, confeccionou-se a Figura 82, que agrupa os valores de IQA em períodos seco e chuvoso, de modo a se facilitar o



entendimento do comportamento deste índice em função das chuvas. Quanto ao Quadro 37, este vem qualificar as águas dos pontos de amostragem, apresentando valores mínimos, máximos e médios de IQA, desvio padrão e a qualidade em percentual de amostragens nos pontos de coleta.

Observando-se os pontos de amostragem do Córrego Água da Bomba no gráfico da Figura 81 nota-se que nos Pontos 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) e 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) existe uma tendência de crescimento do IQA no período chuvoso. Porém no Ponto 5 (Córrego Água da Bomba) esse comportamento não ocorre, ao contrário, o IQA aumenta durante o período seco, como se percebe também pela Figura 82. Para que ocorra essa inversão de comportamento no ponto mais distante da ETE, é necessária a influência de todos os parâmetros, onde uns colaboram para baixar o IQA e outros para seu aumento.

Um dos maiores problemas identificados no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), durante o período chuvoso, foi a quantidade de sólidos. As erosões contribuíram efetivamente no aumento dos níveis de sólidos do Córrego Água da Bomba. Assim como os altos valores de coliformes fecais influíram negativamente nos pontos 1, 3 e 5 (Córrego Água da Bomba). Sendo o parâmetro de coliformes fecais o de segundo maior peso na determinação do IQA, ficando em primeiro o oxigênio dissolvido, que foi o parâmetro que alavancou todos os IQAs para cima.

Analisando-se os Pontos dos afluentes do Córrego Água da Bomba, Ponto 2 (Córrego Sem Nome) e Ponto 4 (Córrego do Laticínio), na Figura 81, nota-se um comportamento mais uniforme no Ponto 2 (Córrego Água da Bomba), que apresenta um aumento da qualidade da água nos períodos secos, que pode ser confirmado na Figura 82, talvez pela grande quantidade de sólidos presentes em suas águas durante os períodos chuvosos, que acaba por influir negativamente em todos os outros parâmetros de qualidade.

Quanto ao Ponto 4 (Laticínio), verificando-se a Figura 81, nota-se que ocorrem oscilações também presentes nos parâmetros de qualidade como a DBO, turbidez e pH, que podem ter influenciado esse comportamento oscilante. Entretanto, apesar das oscilações nota-se uma qualidade destacável em relação aos pontos de coleta do Córrego Água da Bomba.

Tanto o Córrego Sem nome como o Córrego do Laticínio, de acordo com a Figura 81, contribuem com uma qualidade de água superior a do Córrego Água da Bomba, facilitando a autodepuração deste último. Sendo determinante a qualidade da água dos afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio para a qualidade

da água do Córrego Água da Bomba. Deste modo o esgoto que passa pela ETE seria o grande poluidor da Microbacia do Córrego Água da Bomba? A resposta é não! Porque verifica-se através da Figura 81 que a qualidade do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) já não é muito boa na maioria das amostragens, chegando até a atingir o nível péssimo de qualidade, como pode ser visto no Quadro 37.

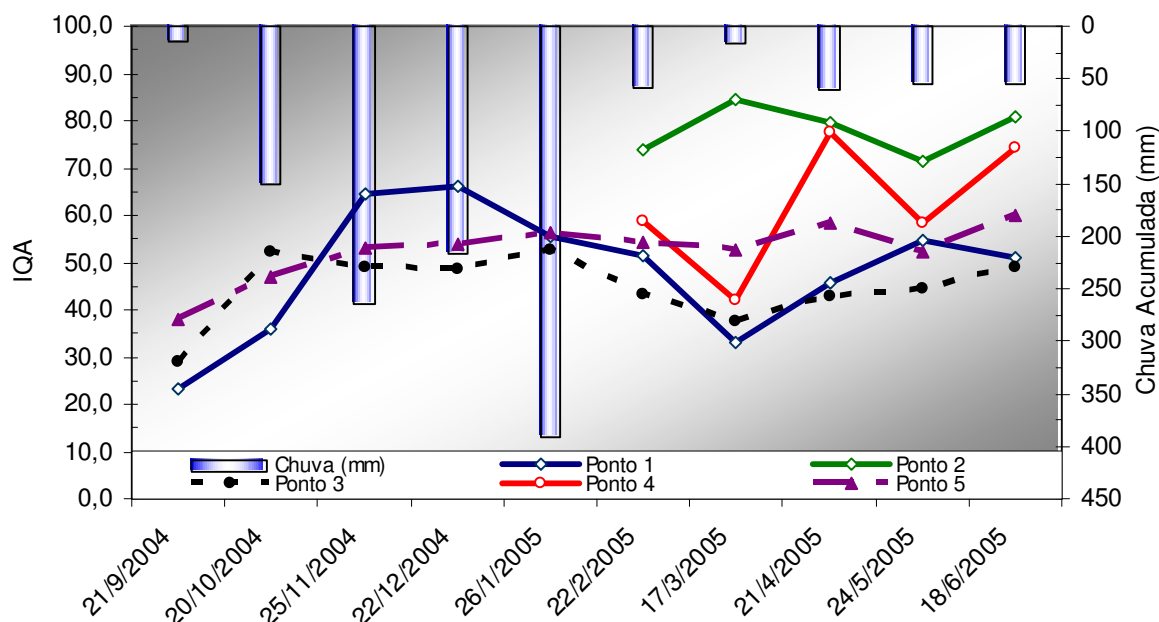


FIGURA 81. Variação espacial e temporal de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e Afluentes.

Apesar de dizer que a ETE é o principal poluidor, percebe-se um decréscimo da qualidade do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) para o Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba). Isto porque a somatória de poluentes, tanto do Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) com os sólidos provenientes do Córrego do Laticínio e com os poluentes da ETE acabam sendo superiores aos fatores que incidem na qualidade da água. Por exemplo, a ETE contribui com uma alta taxa de oxigênio dissolvido, que é o parâmetro de maior peso do IQA, porém também despeja altas quantidades de coliformes fecais, do mesmo modo, o Córrego Sem Nome despeja águas de DBO quase zero, mas também de alta quantidade de sólidos e do mesmo modo o Ponto à montante despeja águas de baixa turbidez, porém de altas DBO e DQO. Tem-se então um ponto negro no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) onde convergem grandes quantidades de matéria degradante dos recursos hídricos da Microbacia do Córrego Água da bomba.

QUADRO 37. Distribuição dos resultados de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e afluentes.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM    | IQA  |       |        | DESVIO PADRÃO | QUALIDADE EM PERCENTUAL DE AMOSTRAGENS |      |           |      |
|-------------------------|------|-------|--------|---------------|--|------|-----------|------|
|                         | MÍN. | MÉDIA | MÁXIMO |               | Ótima                                  | Boa  | Aceitável | Ruim |
| Ponto 1 (Montante) - CB | 23,4 | 48,1  | 66,2   | 13,76         | 0,0                                    | 50,0 | 20,0      | 30,0 |
| Ponto 2 - CSN           | 71,5 | 78,0  | 84,3   | 5,20          | 60,0                                   | 40,0 | 0,0       | 0,0  |
| Ponto 3 (Jusante) - CB  | 28,9 | 44,8  | 52,8   | 7,30          | 0,0                                    | 20,0 | 70,0      | 10,0 |
| Ponto 4 - CL            | 42,0 | 62,2  | 77,7   | 14,37         | 0,0                                    | 80,0 | 20,0      | 0,0  |
| Ponto 5 (Ponte) - CB    | 38,1 | 52,6  | 59,8   | 6,25          | 0,0                                    | 80,0 | 20,0      | 0,0  |

CB - Córrego Água da Bomba; CSN - Córrego Sem Nome; CL - Córrego do Laticínio

Apesar de apresentar qualidade boa em 50% das suas amostras, conforme aponta o Quadro 37, o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) apresenta uma média de valor de IQA de 48,1 (qualidade boa). Entretanto 30% das amostragens foram ruim, deste modo o Ponto 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) mantém a sua qualidade de água pouco melhor do que ruim. Analisando-se este ponto percebe-se que a degradação proveniente da cidade também é bastante grave. Já o Ponto 2 (Córrego Sem Nome), apresenta 60% das suas amostras em condições ótimas e 40% em condições boas para o IQA, mas isto mascara a condição de grande carreador de solo, conforme mostrado nos itens que trataram de sólidos anteriormente.

Quanto ao Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), observando-se o Quadro 37 percebe-se que nele travam-se influências positivas e negativas de qualidade de água provenientes dos Pontos 1 (Montante - Córrego Água da Bomba) e 2 (Córrego Sem Nome) além da ETE. Este entrave entre fatores positivos e negativos mede forças bastante equiparadas, pois 10% das amostras apresentaram qualidade, 20% boa e 70% aceitável no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba).

Quanto ao Ponto 4 (Córrego do Laticínio), apresentou amostragens variando entre qualidades de água boas e aceitáveis, tendo um valor médio de IQA caracterizado como aceitável. Do mesmo modo que o Ponto 2 (Córrego Sem Nome), o IQA mascara o transporte de sólidos causado por erosões no Córrego do Laticínio durante os períodos chuvosos. As oscilações do IQA no Ponto 4 (Córrego do Laticínio), na Figura 81, devem ser tratadas como preocupantes por conferirem um caráter de inconstância de qualidade de água no manancial, ainda mais sabendo-se da existência do Laticínio como agente poluidor.

Quanto ao Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), 20% das coletas foram consideradas de águas de qualidade ruins conforme o IQA, mas 80% foram consideradas de qualidade aceitável, como pode ser visto no Quando 36. Mostrando uma grande uniformidade dos dados, que tiveram a média de IQA mantida em aceitável. Através da Figura 81 pode se confirmar essa uniformidade de comportamento que resultou em 80% da amostragem em aceitável. A qualidade atingida no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) não foi “boa”, tampouco “ótima” nos parâmetros do IQA, mas o comportamento de constância da curva na Figura 81 faz perceber que o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) mantém a qualidade mesmo nos períodos mais críticos de poluição dos recursos hídricos da Microbacia do Córrego Água da Bomba. Isto somente seria possível pelos fatores de autodepuração do manancial, ações hidrodinâmicas, diluição ação da gravidade através da sedimentação, ação da luz, da temperatura e os mecanismos bioquímicos.

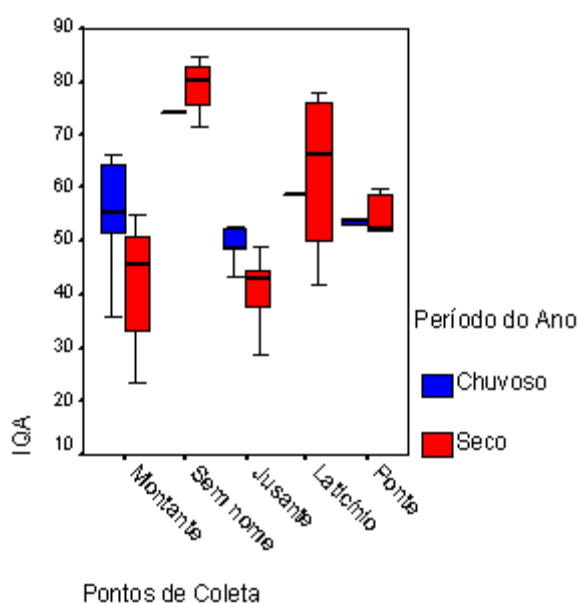


FIGURA 82. Distribuição dos resultados de IQA nos pontos do Córrego Água da Bomba e seus afluentes, Córrego Sem Nome e Córrego do Laticínio, entre os períodos, seco e chuvoso.

## 5. CONCLUSÕES

### ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

A ETE apresentou um funcionamento satisfatório com relação às exigências de lançamento de efluentes e em relação à diluição do efluente final no corpo d'água receptor conforme a Resolução CONAMA 357/05 (2005), favorecido pelo fato de que o Córrego Água da Bomba apresenta vazão que permite a diluição do efluente lançado em até 91%, em média.

Em relação aos nutrientes (fósforo e nitrogênio) a eficiência do tratamento foi reduzida devido ao fato de que as lagoas de estabilização no Brasil não são dimensionadas para a remoção destes nutrientes, porém, a diluição da vazão da ETE em 91% baixou as concentrações de fósforo e nitrogênio às condições exigidas na Resolução CONAMA 357/05 (2005) para mananciais de água doce Classe II.

Este trabalho pôde mostrar que o tratamento por sistema de lagoas de estabilização é de boa eficiência, evitando o lançamento de esgoto na forma bruta e até mesmo auxiliando na manutenção da taxa de oxigênio dissolvido do corpo d'água receptor, fator importante à vida aquática. A ETE poluiu o manancial com coliformes, por exmplo, mas ajudou a elevar o IQA dos pontos de coleta com altas concentrações de oxigênio.

No trabalho para cada variável avaliada foram feitas sugestões para a melhoria da eficiência da ETE.

### MANANCIAS DA MICROBACIA DO CÓRREGO ÁGUA DA BOMBA

O córrego Água da Bomba, mesmo atingindo vazão de mais de 1.000 L/s no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba), vem sentindo a poluição proveniente da ação do homem em sua microbacia, resultado dos despejos de águas de drenagem urbana, efluente da estação de tratamento de esgotos, esgotos clandestinos e da erosão que têm afetado a qualidade e disponibilidade da água.

A ausência de conservação adequada do solo contribui para que o escoamento superficial se sobreponha ao de base, fazendo com que ora o Córrego Água da Bomba apresenta águas com qualidade aceitável e ora apresenta águas com qualidade ruim, como se pode observar no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba), tendo 50% das amostragens com qualidade aceitável e as outras 50% de qualidade ruim. Sendo este ponto o local de confluência de todos os tipos de poluição existentes na microbacia, é notável o esforço do Córrego Água da Bomba em conseguir manter a qualidade da água em aceitável na metade das amostras colhidas.

Esse esforço do manancial em resistir à degradação do ecossistema aquático ainda resulta numa melhora média de 15% do Índice de Qualidade das Águas numa pequena extensão de aproximadamente 2.560 metros de percurso, graças às condições de autodepuração do Córrego Água da Bomba, fazendo com que o manancial passe da condição instável em que se encontra no Ponto 3 (Jusante - Córrego Água da Bomba) para uma condição de estabilidade no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) tendo 80% das amostras colhidas com qualidade de água aceitável para uso em abastecimento público.

Contudo, outra grande preocupação é a perda de solo na microbacia devido às grandes áreas desmatadas e sem qualquer tratamento para sua conservação, fundamental também para a estabilidade temporal do escoamento de base. As erosões estão assoreando os mananciais da Microbacia do Córrego Água da Bomba e assim também influenciando na qualidade da água e na qualidade de vida aquática. A água do Córrego Água da Bomba, do Córrego Sem Nome e do Córrego do Laticínio apresentam aspecto terroso durante os períodos de chuva. A descarga sólida no Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) foi de  $3,64 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , quando a perda de solo de uma vegetação natural é de apenas  $0,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ou seja, a perda de solo até o Ponto 5 (Ponte - Córrego Água da Bomba) é de 10 vezes a perda de uma mata nativa.

Analisando-se os dados obtidos, é possível identificar os principais condicionantes da redução da qualidade de água na microbacia do Córrego Água da Bomba, medido pelo IQA, são os lançamentos de esgoto e a água de drenagem urbana, principalmente no período seco do ano e erosão nas áreas rurais, principalmente no período chuvoso do ano, condicionado pelo manejo incorreto dos solos e a degradação das matas ciliares.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ABEL, P.D.. **Water Pollution Biology** - Chichester-Inglaterra: Ellis Howord Limited, 1989.

ÁLVARES, M.O.S. **Análises Físico - Químicas para controle das estações de tratamento de esgotos**. 18<sup>a</sup> ed. São Paulo: CETESB, 1977.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - **Standard methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>a</sup> ed. Estados Unidos da América, 1998.

ASSAD, E. D. e SANO, E. E.. **Sistema de Informações Geográficas** . 2<sup>a</sup>. ed. Brasília: Embrapa, 1998.

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

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. Tese (doutorado em agronomia), Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CARVALHO, Benjamin de A. **Ecologia aplicada ao saneamento ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1980.

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

CASSOL, E.A.; VLADIMIR, S. DE L. **Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n.1, p. 117-124, 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 1997**. São Paulo: CETESB, 1998. 289p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo: CETESB, 2003. 274p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: CETESB, 2004. 273p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2004**. São Paulo: CETESB, 2005. 273p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Ciclo das Águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em janeiro de 2005.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI. **Histórico sobre o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari**. Disponível em: <http://www.aca.com.br/cbhari/index.htm>. Acesso em: outubro de 2001.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO DO NORTE. **Aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Cubatão**. Disponível em: <http://www.cubataojoinville.org.br>. Acesso em: outubro de 2001.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente . **Resolução CONAMA 20/86**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em janeiro de 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente . **Resolução CONAMA 357/05**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em agosto de 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente . **Resolução CONAMA 359/05**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em agosto de 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente . **Resolução CONAMA 274/00**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em agosto de 2005.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Legislação de Recursos Hídricos - Consolidação 1987-2001**. São Paulo: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, 2002. 488p.

DIAS, M. do C. O. et al. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Imagens de Satélite**. Disponível em: <http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br>. Acesso em: janeiro de 2005.

FUNDAÇÃO SEADE. Perfil Municipal de Regente Feijó. Acesso em 17 de novembro de 2005. <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/>

GARCIA, R. **No Ano Internacional da Água Doce, o planeta discute como evitar um colapso**. Revista Galileu - ed. março 2003, número 140. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com>. Acesso em: outubro de 2003.

HACH COMPANY. DR/2500 Spectrophotometer PROCEDURE MANUAL. Estados unidos da América, 2003.

HERNANDEZ, F.B.T.; PETINARI, R.A. Qualidade da água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXVII, Poços de Caldas, 03 a 07 de agosto de 1998. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, p. 58-60, 1998.



HERNANDEZ, F.B.T. et al. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXX, Foz de Iguaçu, 31 de julho a 03 de agosto de 2001. **Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Foz de Iguaçu, 2001, (CD-ROM).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000 - resultados do universo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 Jan. 2005.

JORDÃO E.P. e PESSÔA C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro-RJ: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1995.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. 320p. (FAPESP)

LIU, D. H. F., LIPTÁK, B. G., **Enviromental engineer's handbook**. 2 ed. - Nova Iorque: CRC Press LLC, 1431 p., 1997.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES)**. Revista Brasileira de Ciências do solo, Viçosa, vol. 27, p.395-403, 2003.

MAURO, F.. **Vazão e Qualidade de Água em Manancial Degradado do Cinturão Verde de Ilha Solteira - SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), Universidade Estadual paulista, UNESP, Ilha Solteira, 2003.

MENEGUETTE, A. A. C., **Atlas Interativo do Pontal do Paranapanema**. Tese (doutorado em cartografia), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente, 2001.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2a ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 1a ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

POLETO, C. **Monitoramento e Avaliação da Qualidade da Água de uma Microbacia Hidrográfica no Município de Ilha Solteira - S.P**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) Universidade Estadual Paulista, UNESP, 2003.

PORTO, R. DE M.. **Hidráulica básica**. 1 ed. São Carlos - SP: EESC/USP, 540 p., 1998.

RACANICCHI, R. M.Z.V. **Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul - SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Ilha Solteira, 2002.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 840p. 1998.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. **Relatório de qualidade das águas** - 1997. Disponível em: <http://www.hidricos.mg.gov.br>. Acesso em: outubro de 2003.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Preservação de Mananciais**.

Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em janeiro de 2005a.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SCHULZ H. E. et al. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 1a ed. São Carlos - SP. Editora Rima, 2003. 138p.

SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo. **Base Georreferencial**.

Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br>. Acesso em: julho de 2004.

SILVA JÚNIOR, C. de; SASSON, S. **Biologia 1: Citologia, Histologia**. 6 ed. São Paulo - SP: Editora Atual, 1990, p. 47 - 48.

TOMANASI, L. R. **Degradação do meio ambiente**. 3 ed. São Paulo: Nobel, p.99-105, 1977.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180p.

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2a ed. Porto Alegre-SP: ABRH, 2001.

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

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização** (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; vol. 3). 3 ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 134 p., 1996a.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos** (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; vol. 2). 2 ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 211 p., 1996b.

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

## **ANEXOS**

## VAZÃO - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Vazão (L/s) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04    | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 142,3       | 168,2    | 558,3    | 638,6    | 716,3    | 379,2    | 166,8    | 342,0    | 421,8    | 415,6    | 142,3      | 716,3  | 394,9 |
| Ponto 2          |             |          |          |          |          | 204,4    | 129,0    | 172,9    | 237,0    | 255,3    | 129,0      | 255,3  | 199,7 |
| Ponto 3          | 244,2       | 223,4    | 879,8    | 911,5    | 892,3    | 636,6    | 390,1    | 616,9    | 770,0    | 803,3    | 223,4      | 911,5  | 636,8 |
| Ponto 4          |             |          |          |          |          | 83,3     | 69,0     | 93,5     | 121,5    | 105,5    | 69,0       | 121,5  | 94,5  |
| Ponto 5          | 340,5       | 351,7    | 1047,4   | 1093,7   | 976,7    | 732,2    | 495,5    | 715,4    | 891,5    | 788,6    | 340,5      | 1093,7 | 743,3 |
| Chuva (mm)       | 14,9        | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS TOTAIS - ETE

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04              | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 770                   | 1.018    | 760      | 812      | 658      | 3.717    | 11.860   | 1.003    | 948      | 1.058    | 658        | 11.860 | 2.260 |
| Ponto 2          | 544                   | 438      | 624      | 657      | 378      | 511      | 572      | 498      | 476      | 496      | 378        | 657    | 519   |
| Chuva (mm)       | 14,9                  | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS TOTAIS - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04              | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 340,0                 | 128,0    | 122,0    | 234,0    | 192,0    | 114,5    | 106,0    | 137,0    | 256,0    | 106,0    | 106,0      | 340,0  | 173,5 |
| Ponto 2          |                       |          |          |          |          | 458,4    | 64,0     | 292,0    | 426,0    | 382,0    | 64,0       | 458,4  | 324,5 |
| Ponto 3          | 194,0                 | 180,0    | 156,0    | 214,0    | 236,0    | 175,0    | 156,0    | 166,0    | 238,0    | 140,0    | 140,0      | 238,0  | 185,5 |
| Ponto 4          |                       |          |          |          |          | 163,8    | 86,0     | 145,0    | 224,0    | 140,0    | 86,0       | 224,0  | 151,8 |
| Ponto 5          | 160,0                 | 382,0    | 128,0    | 284,0    | 244,0    | 259,7    | 124,0    | 214,0    | 288,0    | 222,0    | 124,0      | 382,0  | 230,6 |
| Chuva (mm)       | 14,9                  | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS SUSPENSOS - ETE

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Suspensos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                        | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 448                             | 420      | 540      | 661      | 365      | 405      | 484      | 394      | 90       | 650      | 90         | 661    | 446   |
| Ponto 2          | 142                             | 130      | 184      | 271      | 126      | 163      | 112      | 168      | 38       | 335      | 38         | 335    | 167   |
| Chuva (mm)       | 14,9                            | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS SUSPENSOS - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Suspensos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                        | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 74,0                            | 42,0     | 48,0     | 124,0    | 96,0     | 44,8     | 20,0     | 29,0     | 24,0     | 40,0     | 20,0       | 124,0  | 54,2  |
| Ponto 2          |                                 |          |          |          |          | 56,1     | 24,0     | 36,0     | 58,0     | 46,0     | 24,0       | 58,0   | 44,0  |
| Ponto 3          | 70,0                            | 70,0     | 60,0     | 129,0    | 130,0    | 46,4     | 52,0     | 37,0     | 46,0     | 38,0     | 37,0       | 130,0  | 67,8  |
| Ponto 4          |                                 |          |          |          |          | 61,0     | 40,0     | 35,0     | 26,0     | 50,0     | 26,0       | 61,0   | 42,4  |
| Ponto 5          | 40,0                            | 70,0     | 62,0     | 160,0    | 154,0    | 36,6     | 44,0     | 21,0     | 32,0     | 30,0     | 21,0       | 160,0  | 65,0  |
| Chuva (mm)       | 14,9                            | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS - ETE

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                          | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 322                               | 598      | 220      | 151      | 293      | 3312,75  | 11376    | 609      | 858      | 408      | 151        | 11376  | 1815  |
| Ponto 2          | 402                               | 308      | 440      | 386      | 252      | 347,25   | 460      | 330      | 438      | 161      | 161        | 460    | 352   |
| Chuva (mm)       | 14,9                              | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                          | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 266                               | 86       | 74       | 110      | 96       | 69,68    | 86       | 108      | 232      | 66       | 66,0       | 266,0  | 119,4 |
| Ponto 2          |                                   |          |          |          |          | 402,28   | 40       | 256      | 368      | 336      | 40,0       | 402,3  | 280,5 |
| Ponto 3          | 124                               | 110      | 96       | 85       | 106      | 128,64   | 104      | 129      | 192      | 102      | 85,0       | 192,0  | 117,7 |
| Ponto 4          |                                   |          |          |          |          | 102,8    | 46       | 110      | 198      | 90       | 46,0       | 198,0  | 109,4 |
| Ponto 5          | 120                               | 312      | 66       | 124      | 90       | 223,14   | 80       | 193      | 256      | 192      | 66,0       | 312,0  | 165,6 |
| Chuva (mm)       | 14,9                              | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## DESCARGA SÓLIDA TOTAL - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Descarga Sólida Total (kg/dia) |          |          |             |          |          |          |          |          |          |  | Descritiva |                 |         |
|------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|-----------------|---------|
|                  | 21/09/04                       | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04    | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo     | Máximo          | Média   |
| Ponto 1          | 4786,9                         | 6544,3   | 16546,9  | 24842,5     | 37465,8  | 8909,6   | 1889,7   | 5347,7   | 21359,7  | 8631,7   |  | 1889,7     | 37465,8         | 13632,5 |
| Ponto 2          | -                              | -        | -        | -           | -        | 10492,7  | 1165,9   | 5278,0   | 16325,0  | 11855,0  |  | 1165,9     | 16325,0         | 9023,3  |
| Ponto 3          | 6604,3                         | 9629,7   | 66472,9  | 218268,6855 | 58529,9  | 33381,6  | 11648,4  | 16237,1  | 53228,9  | 39453,1  |  | 6604,3     | 218268,751345,5 |         |
| Ponto 4          | -                              | -        | -        | -           | -        | 2439,3   | 811,0    | 3094,8   | 7401,3   | 1476,3   |  | 811,0      | 7401,3          | 3044,5  |
| Ponto 5          | 9121,4                         | 33806,4  | 67493,8  | 522463,4    | 976,7    | 732,2    | 14146,9  | 25446,4  | 64697,2  | 42547,9  |  | 732,2      | 522463,478143,2 |         |
| Chuva (mm)       | 14,9                           | 150,5    | 263,8    | 216,7       | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9       | 390,5           |         |

## TEMPERATURA - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Temperatura (°C) |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  | Temperatura |        |       |
|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|-------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04         | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo      | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 21,0             | 21,0     | 23,5     | 20,3     | 22,0     | 24,0     | 21,0     | 25,3     | 19,0     | 26,2     |  | 19,0        | 26,2   | 22,3  |
| Ponto 2          | -                | -        | -        | -        | -        | 25,0     | 22,0     | 25,0     | 20,2     | 25,0     |  | 20,2        | 25,0   | 23,4  |
| Ponto 3          | 20,5             | 21,4     | 23,5     | 20,3     | 22,0     | 24,5     | 21,0     | 25,3     | 19,6     | 26,2     |  | 19,6        | 26,2   | 22,4  |
| Ponto 4          | -                | -        | -        | -        | -        | 19,5     | 20,5     | 22,5     | 19,0     | 25,3     |  | 19,0        | 25,3   | 21,4  |
| Ponto 5          | 22,0             | 21,2     | 23,0     | 19,9     | 22,0     | 24,5     | 21,5     | 25,0     | 19,5     | 26,0     |  | 19,5        | 26,0   | 22,5  |
| Chuva (mm)       | 14,9             | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9        | 390,5  |       |

## TURBIDEZ - ETE

| Coleta<br>Pontos | Turbidez (NTU) |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  | Descritiva |        |       |
|------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04       | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 268,6          | 231,0    | 267,0    | 247,5    | 207,0    | 241,0    | 271,1    | 229,0    | 259,0    | 205,0    |  | 205,0      | 271,1  | 242,6 |
| Ponto 2          | 64,2           | 42,2     | 39,6     | 56,8     | 53,0     | 64,1     | 70,5     | 64,0     | 78,0     | 44,0     |  | 39,6       | 78,0   | 57,7  |
| Chuva (mm)       | 14,9           | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9       | 390,5  |       |

## TURBIDEZ - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Turbidez (NTU) |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  | Descritiva |        |       |
|------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04       | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 18,2           | 21,7     | 7,0      | 10,2     | 4,1      | 8,2      | 5,8      | 14,3     | 8,2      | 9,8      |  | 4,1        | 21,7   | 10,7  |
| Ponto 2          | -              | -        | -        | -        | -        | 48,2     | 17,4     | 32,2     | 44,6     | 41,7     |  | 17,4       | 48,2   | 36,8  |
| Ponto 3          | 16,8           | 46,7     | 30,7     | 42,6     | 24,7     | 37,4     | 19,0     | 21,7     | 30,2     | 36,9     |  | 16,8       | 46,7   | 30,7  |
| Ponto 4          | -              | -        | -        | -        | -        | 6,5      | 9,2      | 14,7     | 21,5     | 17,0     |  | 6,5        | 21,5   | 13,8  |
| Ponto 5          | 12,2           | 41,4     | 21,9     | 23,0     | 16,5     | 28,3     | 15,3     | 12,5     | 10,6     | 6,5      |  | 6,5        | 41,4   | 18,8  |
| Chuva (mm)       | 14,9           | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9       | 390,5  |       |

## pH - ETE

| Coleta<br>Pontos | pH       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  | Descritiva |        |       |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04 | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 7,3      | 7,3      | 6,8      | 7,0      | 6,9      | 7,1      | 7,1      | 7,3      | 6,9      | 7,3      |  | 6,8        | 7,3    | 7,1   |
| Ponto 2          | 7,3      | 7,9      | 8,3      | 7,9      | 7,4      | 7,6      | 7,6      | 7,6      | 7,4      | 7,7      |  | 7,3        | 8,3    | 7,7   |
| Chuva (mm)       | 14,9     | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9       | 390,5  |       |

## pH - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | pH       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  | Descritiva |        |       |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04 | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 |  | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 6,9      | 6,6      | 6,9      | 7,2      | 7,5      | 7,1      | 7,3      | 7,3      | 7,5      | 7,1      |  | 6,6        | 7,5    | 7,1   |
| Ponto 2          | -        | -        | -        | -        | -        | 7,3      | 7,1      | 7,1      | 7,1      | 7,1      |  | 7,1        | 7,3    | 7,2   |
| Ponto 3          | 7,2      | 7,0      | 7,4      | 7,7      | 7,6      | 7,9      | 7,5      | 7,6      | 7,6      | 7,7      |  | 7,0        | 7,9    | 7,5   |
| Ponto 4          | -        | -        | -        | -        | -        | 7,4      | 7,1      | 7,3      | 7,6      | 7,2      |  | 7,1        | 7,6    | 7,3   |
| Ponto 5          | 7,2      | 7,1      | 7,6      | 7,5      | 7,3      | 7,3      | 7,2      | 7,2      | 7,3      | 7,2      |  | 7,1        | 7,6    | 7,3   |
| Chuva (mm)       | 14,9     | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     |  | 14,9       | 390,5  |       |

## NITROGÊNIO TOTAL - ETE

| Coleta<br>Pontos | Nitrogênio Total (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 98                      | 48       | 92       | 61       | 24       | 89       | 64       | 96       | 112      | 83       | 24         | 112    | 76,7  |
| Ponto 2          | 44                      | 58       | 52       | 67       | 16       | 48       | 36       | 53       | 54       | 48       | 16         | 67     | 47,5  |
| Chuva (mm)       | 14,9                    | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## NITROGÊNIO TOTAL - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Nitrogênio Total (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 18,0                    | 19,0     | 9,0      | 22,0     | 2,1      | 1,4      | 1,0      | 1,8      | 3,5      | 1,2      | 1,0        | 22,0   | 7,9   |
| Ponto 2          |                         |          |          |          |          | 1,7      | 1,7      | 2,6      | 4,2      | 1,4      | 1,4        | 4,2    | 2,3   |
| Ponto 3          | 26,0                    | 11,0     | 0,3      | 9,0      | 3,8      | 6,9      | 8,0      | 6,3      | 6,7      | 5,4      | 0,3        | 26,0   | 8,3   |
| Ponto 4          |                         |          |          |          |          | 0,3      | 1,7      | 0,9      | 0,6      | 0,2      | 0,2        | 1,7    | 0,7   |
| Ponto 5          | 6,0                     | 5,1      | 12,0     | 3,0      | 3,2      | 8,1      | 5,6      | 5,9      | 5,1      | 6,4      | 3,0        | 12,0   | 6,0   |
| Chuva (mm)       | 14,9                    | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## FÓSFORO TOTAL - ETE

| Coleta<br>Pontos | Fósforo Total (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04             | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 3,8                  | 4,4      | 3,5      | 4,2      | 2,7      | 5,0      | 4,6      | 5,4      | 4,0      | 6,0      | 2,7        | 6,0    | 4,4   |
| Ponto 2          | 4,0                  | 3,1      | 4,0      | 5,2      | 3,1      | 4,8      | 4,2      | 5,3      | 5,0      | 4,6      | 3,1        | 5,3    | 4,3   |
| Chuva (mm)       | 14,9                 | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## FÓSFORO TOTAL - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Fósforo Total (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04             | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 0,18                 | 0,17     | 0,07     | 0,10     | 0,14     | 0,04     | 1,96     | 0,67     | 0,08     | 0,04     | 0,04       | 1,96   | 0,34  |
| Ponto 2          |                      |          |          |          |          | 0,07     | 0,03     | 0,07     | 0,10     | 0,06     | 0,03       | 0,10   | 0,07  |
| Ponto 3          | 0,83                 | 0,38     | 0,52     | 0,44     | 0,29     | 0,73     | 0,82     | 0,68     | 0,78     | 0,58     | 0,29       | 0,83   | 0,61  |
| Ponto 4          |                      |          |          |          |          | 0,02     | 0,20     | 0,10     | 0,07     | 0,02     | 0,02       | 0,20   | 0,08  |
| Ponto 5          | 0,68                 | 0,19     | 0,49     | 0,41     | 0,28     | 0,41     | 0,49     | 0,44     | 0,46     | 0,33     | 0,19       | 0,68   | 0,42  |
| Chuva (mm)       | 14,9                 | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## OD - ETE

| Coleta<br>Pontos | OD (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04  | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 0,0       | 0,6      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0        | 0,6    | 0,1   |
| Ponto 2          | 7,4       | 5,4      | 10,0     | 8,0      | 2,4      | 7,3      | 6,8      | 7,9      | 4,0      | 7,8      | 2,4        | 10,0   | 6,7   |
| Chuva (mm)       | 14,9      | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## OD - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | OD (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04  | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 2,8       | 5,8      | 8,0      | 6,6      | 7,4      | 9,7      | 10,0     | 8,5      | 8,2      | 10,0     | 2,8        | 10,0   | 7,7   |
| Ponto 2          |           |          |          |          |          | 9,9      | 9,8      | 9,3      | 7,9      | 9,2      | 7,9        | 9,9    | 9,2   |
| Ponto 3          | 4,4       | 7,0      | 6,6      | 5,7      | 7,6      | 9,2      | 9,4      | 8,4      | 7,8      | 8,8      | 4,4        | 9,4    | 7,5   |
| Ponto 4          |           |          |          |          |          | 10,2     | 10,2     | 7,4      | 7,8      | 9,2      | 7,4        | 10,2   | 9,0   |
| Ponto 5          | 4,6       | 7,2      | 5,6      | 7,6      | 9,9      | 9,2      | 9,2      | 7,2      | 7,0      | 8,6      | 4,6        | 9,9    | 7,6   |
| Chuva (mm)       | 14,9      | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## DBO - ETE

| Coleta<br>Pontos | DBO (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04   | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 393,8      | 585,4    | 416,7    | 258,0    | 375,0    | 563,6    | 491,1    | 342,6    | 375,0    | 390,0    | 258,0      | 585,4  | 419,1 |
| Ponto 2          | 73,8       | 31,3     | 58,7     | 46,9     | 53,0     | 41,8     | 45,2     | 43,2     | 53,8     | 56,8     | 31,3       | 73,8   | 50,4  |
| Chuva (mm)       | 14,9       | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## DBO MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | DBO (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04   | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 54,0       | 9,5      | 6,9      | 5,7      | 4,8      | 7,3      | 32,6     | 26,0     | 3,2      | 4,2      | 3,2        | 54,0   | 15,4  |
| Ponto 2          |            |          |          |          |          | 6,2      | 8,5      | 4,2      | 5,3      | 3,6      | 3,6        | 8,5    | 5,6   |
| Ponto 3          | 17,4       | 3,6      | 10,8     | 9,3      | 8,7      | 19,2     | 21,4     | 26,0     | 15,3     | 8,7      | 3,6        | 26,0   | 14,0  |
| Ponto 4          |            |          |          |          |          | 28,1     | 20,5     | 4,6      | 25,0     | 3,6      | 3,6        | 28,1   | 16,4  |
| Ponto 5          | 11,0       | 9,1      | 10,9     | 7,8      | 4,3      | 6,7      | 18,3     | 7,2      | 5,1      | 6,6      | 4,3        | 18,3   | 8,7   |
| Chuva (mm)       | 14,9       | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## DQO - ETE

| Coleta<br>Pontos | DQO (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04   | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 764,0      | 915,0    | 1050,0   | 787,5    | 575,0    | 964,5    | 1075,0   | 1342,0   | 1112,0   | 1156,0   | 575,0      | 1342,0 | 974,1 |
| Ponto 2          | 306,0      | 280,0    | 234,0    | 198,9    | 186,0    | 306,9    | 328,0    | 284,0    | 288,0    | 546,0    | 186,0      | 546,0  | 295,8 |
| Chuva (mm)       | 14,9       | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## DQO - MANANCIAS

| Coleta<br>Pontos | DQO (mg/L) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04   | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 1          | 156,0      | 3,0      | 0,0      | 0,0      | 82,0     | 21,3     | 16,0     | 42,0     | 18,0     | 13,0     | 0,0        | 156,0  | 35,1  |
| Ponto 2          |            |          |          |          |          | 14,8     | 0,0      | 9,3      | 9,5      | 10,0     | 0,0        | 14,8   | 8,7   |
| Ponto 3          | 75,0       | 33,0     | 5,1      | 3,4      | 74,0     | 76,3     | 69,0     | 87,2     | 65,0     | 26,0     | 3,4        | 87,2   | 51,4  |
| Ponto 4          |            |          |          |          |          | 51,5     | 41,0     | 9,2      | 71,0     | 8,0      | 8,0        | 71,0   | 36,1  |
| Ponto 5          | 45,0       | 17,0     | 2,0      | 1,5      | 59,0     | 16,8     | 1,0      | 12,8     | 28,0     | 24,0     | 1,0        | 59,0   | 20,7  |
| Chuva (mm)       | 14,9       | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## ESCHERICHIA COLI – ETE

| Coleta<br>Pontos | E. coli (1.000NMP/100 mL) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |        |
|------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|--------|
|                  | 21/09/04                  | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média  |
| Ponto 1          | 43.520                    | 64.325   | 57.840   | 52.056   | 68.638   | 47.520   | 56.720   | 53.171   | 49.620   | 36.850   | 36.850     | 68.638 | 53.026 |
| Ponto 2          | 13                        | 1.040    | 910      | 783      | 224      | 147      | 948      | 581      | 727      | 846      | 13         | 1.040  | 622    |
| Chuva (mm)       | 14,9                      | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |        |

## ESCHERICHIA COLI - MANANCIAS

| Coleta<br>Pontos | E. coli (NMP/100 mL) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |          |         |
|------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|---------|
|                  | 21/09/04             | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo   | Média   |
| Ponto 1          | 3.450.00             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            | 3.450.00 |         |
| Ponto 2          | 0                    | 242.000  | 1.000    | 820      | 46.400   | 126.200  | 87.400   | 92.020   | 83.600   | 101.830  | 820        | 0        | 423.127 |
|                  |                      |          |          |          |          | 6        | 4        | 7        | 20       | 0        | 0          | 20       | 7       |
|                  |                      | 5.172.00 |          |          |          |          |          |          |          |          |            | 5.172.00 |         |
| Ponto 3          | 291.000              | 0        | 17.100   | 14.706   | 50.400   | 180.085  | 197.000  | 110.480  | 106.800  | 136.500  | 14.706     | 0        | 627.607 |
| Ponto 4          |                      |          |          |          |          | 152      | 320      | 240      | 325      | 200      | 152        | 325      | 247     |
| Ponto 5          | 9.500                | 199.000  | 14.600   | 10.512   | 66.300   | 19.074   | 23.600   | 15.730   | 20.260   | 14.200   | 9.500      | 199.000  | 39.278  |
| Chuva (mm)       | 14,9                 | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5    |         |

## COLIFORMES TOTAIS – ETE

| Coleta<br>Pontos | C. Totais (1.000 MNP/100 mL) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |        |       |
|------------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|-------|
|                  | 21/09/04                     | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo | Média |
| Ponto 2          | 2.420                        | 399      | 1.750    | 1.400    | 980      | 976      | 3.650    | 3.260    | 3.800    | 3.560    | 399        | 3.800  | 2.220 |
| Chuva (mm)       | 14,9                         | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5  |       |

## COLIFORMES TOTAIS - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | Coliformes Totais (NMP/100 mL) |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |          |          |
|------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|
|                  | 21/09/04                       | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Máximo   | Média    |
| Ponto 1          | 453.000                        | 123.000  | 37.900   | 31.078   | 686.700  | 1.236.00 | 0        | 925.000  | 0        | 0        | 31.078     | 0        | 792.498  |
| Ponto 2          |                                |          |          |          |          | 563      | 350      | 380      | 395      | 450      | 350        | 563      | 428      |
|                  | 1.580.00                       | 1.354.00 |          |          |          |          |          |          | 1.633.20 | 1.478.40 |            | 1.633.20 |          |
| Ponto 3          | 0                              | 0        | 461.100  | 396.546  | 488.400  | 524.700  | 453.000  | 98.600   | 0        | 0        | 98.600     | 0        | 846.795  |
| Ponto 4          |                                |          |          |          |          | 474      | 860      | 630      | 410      | 600      | 410        | 860      | 595      |
|                  | 1.690.00                       |          |          |          | 1.046.20 |          | 1.690.00 | 1.430.00 | 1.521.00 | 1.320.00 |            | 1.690.00 | 1.010.90 |
| Ponto 5          | 0                              | 365.400  | 48.840   | 35.165   | 0        | 962.400  | 0        | 0        | 0        | 0        | 35.165     | 0        | 0        |
| Chuva<br>(mm)    | 14,9                           | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5    |          |

## IQA - MANANCIAIS

| Coleta<br>Pontos | IQA      |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Descritiva |       |       |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------|-------|
|                  | 21/09/04 | 20/10/04 | 25/11/04 | 22/12/04 | 26/01/05 | 22/02/05 | 17/03/05 | 21/04/05 | 24/05/05 | 18/06/05 | Mínimo     | Média | Média |
| Ponto 1          | 23,4     | 35,9     | 64,4     | 66,2     | 55,7     | 51,5     | 33,0     | 45,7     | 54,8     | 50,8     | 23,4       | 48,1  | 48,1  |
| Ponto 2          |          |          |          |          |          | 74,1     | 84,3     | 79,4     | 71,5     | 80,8     | 71,5       | 78,0  | 78,0  |
| Ponto 3          | 28,9     | 52,4     | 48,8     | 48,5     | 52,8     | 43,2     | 37,7     | 42,8     | 44,4     | 48,9     | 28,9       | 44,8  | 44,8  |
| Ponto 4          |          |          |          |          |          | 58,7     | 42,0     | 77,7     | 58,2     | 74,4     | 42,0       | 62,2  | 62,2  |
| Ponto 5          | 38,1     | 46,8     | 53,1     | 54,0     | 56,4     | 54,3     | 52,5     | 58,5     | 52,3     | 59,8     | 38,1       | 52,6  | 52,6  |
| Chuva (mm)       | 14,9     | 150,5    | 263,8    | 216,7    | 390,5    | 59,5     | 16,8     | 59,9     | 55,1     | 54,3     | 14,9       | 390,5 |       |