

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO SÃO
CAETANO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE BOTUCATU- SP**

IVAN FERNANDES DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção o título de Doutor em Agronomia – Programa de pós-graduação em agronomia “Energia na Agricultura”.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO SÃO
CAETANO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE BOTUCATU- SP**

IVAN FERNANDES DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Campos

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Assunta Maria Marques da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção o título de Doutor em Agronomia – Programa de pós-graduação em agronomia “Energia na Agricultura”.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
- UNESP - FCA- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S729a Souza, Ivan Fernandes de, 1953-
Avaliação da qualidade da água do córrego São Caetano
na área urbana do município de Botucatu- SP / Ivan
Fernandes de Souza. - Botucatu: [s.n.], 2012
vi, 88 f. : il., color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012
Orientador: Sérgio Campos
Co-orientador: Assunta Maria Marques da Silva
Inclui bibliografia

1. Recursos hídricos. 2. Metais pesados. 3. Água -
Análise. 4. Esgotos. 5. Contaminação biológica. I. Campos,
Sérgio. II. Silva, Assunta Maria Marques da. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas.
III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ZONA URBANA DO
CÓRREGO SÃO CAETANO – BOTUCATU - SP"**

ALUNO: IVAN FERNANDES DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS

CO-ORIENTADORA: PROFª DRª ASSUNTA MARIA MARQUES DA SILVA

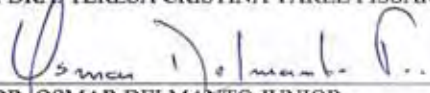
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFA. DRA. ASSUNTA MARIA MARQUES DA SILVA



PROFA. DRA. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA



PROF. DR. OSMAR DELMANTO JUNIOR



PROF. DR. LUCIANO NARDINI GOMES



PROFA. DRA. FERNANDA LEITE RIBEIRO

Data da Realização: 28 de agosto de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela ajuda em todos os momentos difíceis.

À Faculdade de Ciências Agronômicas e ao Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, pelas oportunidades e conhecimentos adquiridos.

A toda minha Família, a minha mãe Genilda (in memoriam) ao meu padrasto José Luiz, pelas experiências de vida e educação, a minha mulher Élide pela ajuda e tolerância, aos meus filhos Daniel, Rafael e Larissa, pela ajuda e compreensão.

À Prof^a Dr^a. Assunta Maria Marques de Silva pelas orientações e compreensão durante esses 10 anos.

Ao Prof. Dr. Sérgio Campos pela ajuda e dedicação.

Aos Funcionários do Departamento de Química e Bioquímica, Vânia Aparecida Ribeiro e Ivalde Belluta, pelas importantes colaborações.

Aos Funcionários do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas, ao Ronaldo Alberto Pólo, pelas colaborações.

Aos Professores da FATEC Botucatu, Prof. Dr. Roberto Antônio Colenci, Prof. Dr. Celso Joaquim, Prof. Dr. Osmar Delmanto, Prof. Dr. Alexandre Dal Pai, Prof. Ms. Sérgio Augusto Rodrigues, Prof. Ms. Renato Luiz Gambarato, Prof^a. Martha Augusto, pelas colaborações, e incentivos.

À Prof^a. Dr^a. Lídia Raquel de Carvalho, ao Prof. Dr. Alaor Aparecido Almeida, a Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Mores Rall, pelas colaborações e esclarecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
1 RESUMO	1
2 ABSTRACT	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1.1 Histórico da Legislação Federal.....	7
4.1.2 Histórico da Legislação Estadual Paulista	8
4.2 Parâmetros de qualidade da água.....	8
4.2.1 Atributos organolépticos	8
4.2.2 Parâmetros físico-químicos.....	9
4.2.3 Parâmetros microbiológicos.....	15
4.3 Parâmetros climáticos.....	16
4.1 Legislação Brasileira sobre Recursos Hídricos	16
4.3.1 Pluviométricos	16
4.3.2 Radiação solar	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Área de estudo	19
Tabela 3. Áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo	23
5.2 Periodicidade e amostragem	24
5.3 Locais de coleta das amostras	25
5.4 Atributos organolépticos da água	28
5.5 Variáveis estudadas.....	29
5.5.1 Temperatura da água e do ar	29
5.5.2 Condutividade elétrica (CE).....	29
5.5.3 Potencial hidrogeniônico (pH)	29
5.5.4 Turbidez	30
5.5.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	30
5.5.6 Carbono orgânico total (COT)	31

5.5.7 Nitrogênio total (NT)	31
5.5.8 Fósforo (P)	31
5.5.9 Metais pesados	32
5.6 Parâmetros microbiológicos	32
5.7 Radiação global.....	33
5.8 Metodologia Estatística.....	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1 Análises organolépticas da água	35
6.2 Temperaturas da água e do ar	36
6.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....	41
6.4 Condutividade elétrica (CE)	43
6.5 Turbidez	48
6.6. Oxigênio dissolvido (OD).....	52
6.7. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	53
6.8. Carbono orgânico total (COT).....	57
6.9 Fósforo total (P)	59
6.10 Nitrogênio total (NT).....	61
6.11 Relações entre carbono e nitrogênio	63
6.12 Coliformes totais na água e sedimentos.....	64
6.13 Coliformes termotolerantes na água e sedimentos	67
6.14 Metais pesados	70
6.15 Índices pluviométricos e radiação solar global.....	70
7 CONCLUSÃO.....	71
8 REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE I.....	80
APÊNDICE II.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Compostos odoríficos associados com esgoto não tratado.....	9
Tabela 2. Sequência de toxicidade molar.....	12
Tabela 3. Áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo.....	23
Tabela 4. Estações predominantemente chuvosa e seca na região Sudeste.....	24
Tabela 5. Descrição dos pontos de coleta na região estudada.....	26
Tabela 6. Aspecto da água nos pontos de coleta.....	36
Tabela 7. Odor da água nos pontos de coleta.....	36
Tabela 8. Temperaturas médias (°C) do ar nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set).....	37
Tabela 9. Temperaturas médias (°C) da água nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set).....	37
Tabela 10. Valores de média e desvio-padrão das variáveis segundo os pontos de amostragens para a estação chuvosa.....	38
Tabela 11. Valores de média e desvio-padrão das variáveis segundo pontos de amostragens para a estação seca.....	39
Tabela 12. Potencial hidrogeniônico (pH) da água nos pontos de coleta.....	41
Tabela 13. Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$) da água nos pontos de coleta.....	45
Tabela 14. Turbidez da água nos pontos de coleta em (UNT).....	48
Tabela 15. Oxigênio Dissolvido ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$ de O_2) da água nos pontos de coleta.....	52
Tabela 16. Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$ de O_2) da água nos pontos de coleta ..	54
Tabela 17. Carbono Orgânico Total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$ de O_2) da água nos pontos de coleta.....	57
Tabela 18. Fósforo total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$) da água nos pontos de coleta.....	60
Tabela 19. Fósforo total para as variáveis segundo os pontos de coleta na estação chuvosa....	61
Tabela 20. Fósforo total para as variáveis segundo os pontos de coleta na estação seca.....	61
Tabela 21. Tabela. Nitrogênio Total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$) da água nos pontos de coleta.....	61
Tabela 22. Coliformes totais da água nos pontos de coleta (NMP 100mL^{-1}).....	65
Tabela 23. Coliformes totais do sedimento nos pontos de coleta (NMP. g^{-1}).....	66
Tabela 24. Coliformes termotolerantes da água nos pontos de coleta (NMP 100mL^{-1}).....	67
Tabela 25. Coliformes termotolerantes do sedimento nos pontos de coleta (NMP. g^{-1}).....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do Município de Botucatu – SP.	20
Figura 2. Rede de drenagem do córrego São Caetano.....	22
Figura 3. Uso e ocupação do solo do córrego São Caetano	23
Figura 4. Ponto de coleta de amostra P1, Jardim Eldorado e Jardim Continental.	26
Figura 5. Ponto de coleta de amostra P2, Jardim Real Park e Jardim Cambuí.....	27
Figura 6. Ponto de coleta de amostra P3, Jardim Cambuí e Jardim Itamarati.....	27
Figura 7. Ponto de coleta de amostra P4, Jardim Monte Mor.	28
Figura 8. Temperaturas do ar segundo a estação chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)	40
Figura 9. Temperatura da água segundo a estação chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set).....	40
Figura 10. pH segundo estação chuvosa e seca.....	42
Figura 11. Totais dos índices pluviométricos mensais de Nov. 2010 a Out. 2011.	43
Figura 12. Condutividade elétrica segundo a estação.....	44
Figura 13. Índices pluviométricos (04NP10) e radiação solar (04NR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 04 de novembro de 2010.	45
Figura 14. Índices pluviométricos (04NP20) e radiação solar (04NR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 04 de novembro de 2010.	46
Figura 15. Índices pluviométricos (24JP10) e radiação solar (24JR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 04 de janeiro de 2011.	47
Figura 16. Índices pluviométricos (24JP20) e radiação solar (24JR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 24 de janeiro de 2011.	47
Figura 17. Turbidez segundo a estação	49
Figura 18. Índices pluviométricos (17MP10) e radiação solar (17MR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 17 de março de 2011.	50
Figura 19. Índices pluviométricos (17MP10) e radiação solar (17MR10) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 17 de março de 2011.	50
Figura 20. Índices pluviométricos (19MP10) e radiação solar (19MR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 19 de maio de 2011.	51
Figura 21. Índices pluviométricos (19MP20) e radiação solar (19MR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 19 de maio de 2011.	51

Figura 22. Oxigênio dissolvido nas estações chuvosa e seca	53
Figura 23. Demanda bioquímica de oxigênio na estação chuvosa e seca	55
Figura 24. Índices pluviométricos (07JP10) e radiação solar (07JR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 07 de julho de 2011.	55
Figura 25. Índices pluviométricos (07JP20) e radiação solar (07JR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 07 de julho de 2011.	56
Figura 26. Índices pluviométricos (15SP10) e radiação solar (15SR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 15 de setembro de 2011.....	56
Figura 27. Índices pluviométricos (15SP20) e radiação solar (15SR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 15 de setembro de 2011.....	57
Figura 28. Carbono orgânico total segundo a estação chuvosa e seca	58
Figura 29. Relações das concentrações médias entre o COT ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$) e pH na estação chuvosa (04/nov. a 17/mar.) e seca (19/mai. a 15 set.).....	59
Figura 30. Fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de P) segundo as estações chuvosa e seca	60
Figura 31. Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N) segundo as estações chuvosa e seca	62
Figura 32. Relação carbono nitrogênio segundo as estações chuvosa e seca.....	63
Figura 33. Relação (C/N) dos pontos de amostragem nas estações chuvosa e seca.....	64
Figura 34. Coliformes totais da água segundo as estações chuvosa e seca.....	65
Figura 35. Coliformes totais do sedimento segundo as estações chuvosa e seca.....	67
Figura 36. Coliformes termotolerantes da água segundo as estações chuvosa e seca.....	69
Figura 37. Coliformes termotolerantes do sedimento segundo as estações chuvosa e seca.....	69
Figura 38 - Índices pluviométricos e radiação solar no mês de outubro de 2010	80
Figura 39 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de nov. 2010.....	80
Figura 40 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de dez. 2010.....	81
Figura 41- Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de jan. 2011.....	81
Figura 42 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de fev. 2011	81
Figura 43- Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de mar. 2011	82
Figura 44 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de abr. 2011	82
Figura 45 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de mai. 2011.....	82
Figura 46 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de jun. 2011	83
Figura 47 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) no mês de jul. 2011	83

Figura 48 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m^{-2}) no mês de ago. 2011.....	83
Figura 49 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m^{-2}) no mês de set. 2011	84
Figura 50 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m^{-2}) no mês de out. 2011	84
Figura 51 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m^{-2}) no mês de nov. 2011.....	84

1 RESUMO

A qualidade da água do Córrego São Caetano no Município de Botucatu foi analisada através de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e climáticos. Realizada no período de novembro de 2010 a setembro de 2011, bimestralmente em quatro pontos de amostragem, em duas estações predominantes, a chuvosa e a seca, com a meta de detectar possíveis alterações ao longo do sistema hídrico. Foram avaliadas as variáveis: temperatura do ar e da água, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico total (COT), nitrogênio, fósforo, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, coliformes totais, coliformes termotolerantes, pluviometria e radiação solar. A predominância do pH ácido com média de 6,3 na estação chuvosa e pH básico com média de 7,3 na estação de seca, associadas aos altos índices pluviométricos na estação chuvosa e baixos na estação de seca, contribuíram nas diluições e concentrações dos sais. A condutividade elétrica apresentou maior média no ponto 1 ($327,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), indicativo de foco de contaminação poluidora por altas concentrações de sais e menor média no ponto 2 ($159,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). O oxigênio dissolvido no ponto P4, de Maio a Setembro de 2011 atingiu o menor índice analisado de $1,38 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$,

onde foi consumido o oxigênio disponível pela DBO, indicação de poluição de esgoto doméstico crítico por afetar o sistema aquático. As médias do COT na estação chuvosa apresentaram valores maiores que as médias do pH no mesmo período, em função da presença de carga orgânica, convertida em ácido através da degradação microbiana. O fósforo no ponto P4 apresenta valor máximo de $1,29 \text{ mg.L}^{-1}$ em Maio de 2011, onde foi verificada ausência de chuvas nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens, concentrando as descargas de esgotos não tratados nesse ponto. Os teores de metais pesados analisados estiveram abaixo do limite de detecção, indicando a ausência de efluentes industriais. A maior atividade dos coliformes termotolerantes foi observada na estação de seca, para as amostras de sedimentos nos pontos P3 e P4, que em Julho de 2011 atingiu 1100 e 36000 (NMP.g⁻¹) respectivamente. A qualidade da água do córrego São Caetano apresentou focos de contaminação de esgoto doméstico não tratado, no percurso urbano, comprometendo a qualidade da água para zona rural, que a utiliza para irrigação de culturas e dessedentação animal.

Palavra chave – Recursos hídricos, Metais pesados, Água-análise, Esgotos, Contaminação biológica.

2 ABSTRACT

The water quality of the stream Sao Caetano in Botucatu was analyzed by physico-chemical, microbiological and climate. Held from November 2010 to September 2011, bimonthly in four sampling points in two seasons prevalent in wet and dry, with the goal of detecting possible changes along the water system. The variables: air temperature and water, hydrogen-ionic potential (pH), electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), total organic carbon (TOC), nitrogen, phosphorus, cadmium, chromium, lead, mercury, total coliform, fecal coliform, rainfall and solar radiation. The predominance of acidic pH with an average of 6.3 during the rainy season and basic pH with an average of 7.3 in the dry season associated with high rainfall in the wet season and low during the dry season, contributed in dilutions and concentrations of salts. The electrical conductivity showed higher average in 1 ($327.4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), indicative of an outbreak of contamination polluting by high concentrations of salts and lowest average in 2 ($159.8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Dissolved oxygen at point P4, May to September 2011 reached the lowest rate of $1.38 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$, where the available oxygen was consumed by the BOD, indicating pollution from domestic sewage critical to affect the aquatic system. The mean

TOC in the rainy season were higher than the average pH in the same period, due to the presence of organic load, converted to acid by microbial degradation. The match point P4 presents maximum value of 1.29 mg L^{-1} in May 2011, where it was detected in the absence of rain 10 and 20 days prior to sampling, concentrating discharges of untreated sewage that point. The levels of heavy metals analyzed were below the limit of detection, indicating the absence of industrial effluents. The highest activity of fecal coliform was observed during the dry season, for the sediment samples at points P3 and P4, which in July 2011 reached 1100 and 36000 (NMP.g⁻¹) respectively. The water quality of the stream São Caetano showed foci of contamination of untreated domestic sewage in urban route, compromising water quality for rural areas, which uses it to irrigate crops and watering animals.

Keyword - Water, Heavy metals, Water-analysis, Sewers, Biological contamination.

3 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos têm importância fundamental na sobrevivência da humanidade, pois a água potável é essencial ao abastecimento público, no uso agropastoril, comercial, industrial e de serviços, necessários ao crescimento e desenvolvimento de um País.

Em torno de 2,5% da água existente na Terra é doce e parte desta está congelada ou em reservas subterrâneas, sobrando apenas 0,001% acessível ao homem, conforme informações de Klein (2008), onde estima que no ano de 2020 a água seja inacessível a três bilhões de pessoas no mundo, caso o consumo e desperdícios se mantiverem aos níveis atuais.

A instituição da Década Brasileira da Água, iniciada em 22 de março de 2005, conforme Brasil (2005b) tem como objetivos a promoção, a intensificação, formulação, implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água, em todos os níveis e, ainda, assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades, considerando ser o Brasil um dos detentores de reservas mundiais de água doce, de relevância estratégica no cenário internacional.

A causa da escassez de água é atribuída à má distribuição da densidade populacional, que cresce e concentram-se em áreas, cujas necessidades não são suficientemente atendidas pela distribuição hídrica nas Regiões Metropolitana, destacando-se a crescente degradação da qualidade da água, nessas regiões (TELLES e COSTA, 2007).

O problema da qualidade da água tem sido objeto de preocupação nas últimas décadas, em países industrializados, tornando-se mais grave nos centros industriais e urbanos em função de uma crescente demanda hídrica, resultante da expansão populacional, e da evolução do comportamento consumista da sociedade atual.

Os elementos tóxicos decorrentes dos processos de fabricação de produtos de uso comum propagam-se por diversas vias: ar, solo, águas subterrâneas e superficiais; potenciais causadores de doenças graves, gerando uma contaminação sistêmica ao ser humano com riscos imprevisíveis ao meio ambiente (DUPAS, 2008).

A importância da qualidade química da água para consumo humano e ambiental é apresentada por Rocha e Rosa (2003), informando que somente nos últimos trinta anos aumentou o interesse pelo estudo das substâncias húmicas aquáticas, em função da conscientização e relevância do ponto de vista ambiental.

A bacia hidrográfica do Rio Pardo abastece de água potável as cidades de Botucatu e Pardinho, tanto para consumo humano quanto para irrigação e dessedentação animal, segundo Conte e Leopoldo (2001). Neste contexto, o córrego São Caetano apresenta-se como mais uma alternativa que contribui para o abastecimento de água à zona rural no Município de Botucatu.

A preservação da água doce de um córrego conduz a importância da pesquisa de parâmetros destinados ao controle, monitoramento, reconhecimento de áreas, avaliações de contaminantes potencialmente tóxicos, provenientes de atividades e interferências antrópicas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água do córrego São Caetano na área urbana do Município de Botucatu durante as estações predominantemente de seca e chuvosa. Para tanto, foi analisada através das determinações de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como também, as inferências das variáveis pluviométricas e radiação solar.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1.1 Histórico da Legislação Federal

Von Sperling (1998), Vega (1998), Cabral (1997) citado por Nuvolari (2003), Brasil (2005a) e CESTEB (2012), apresentam informações sobre a legislação federal, destacando-se:

- a) Código das águas (Decreto 24643 de 1934 e Decreto-lei 832 de 1938) foi um marco na legislação, por apresentar artigos de proteção às águas, considerar ilícita a contaminação de águas por pessoas que não a consumiam, definir o direito de propriedade das águas pelo Estado e estabelecer como prioritário o abastecimento público com qualidade;
- b) Resolução CONAMA 20 de 1986, alterou os critérios de classificação dos corpos d'água da União, estendendo-se às salobras e salinas, acrescentando vários parâmetros analíticos e tornando mais restritivos os padrões relativos a vários outros parâmetros;

c) Resolução CONAMA 357 de 2005, conforme Apêndice II destaca-se por suas considerações, preocupações com o desenvolvimento sustentável e por dispor sobre as condições e padrões de qualidade da água.

4.1.2 Histórico da Legislação Estadual Paulista

Azevedo Neto (1974) citado por Nuvolari (2003), e CESTEB (2012), apresentam informações sobre a legislação estadual paulista, destacando-se:

- a) Decreto 10890 de 1940 é a primeira legislação específica no Brasil, por ter criado a Comissão de Investigação da Poluição das Águas em São Paulo;
- b) Decreto 8468 de 1976 classificou as águas do estado nas Classes de 1 a 4, sendo que as águas da Classe 1 são as de melhor qualidade, nas quais não é permitido o lançamento de efluentes, mesmo que tratados, e às da Classe 4, são as águas de pior qualidade;
- c) Resolução SMA-42 de 1994, “aprova procedimentos para análise de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente (SMA)”.

4.2 Parâmetros de qualidade da água

A qualidade da água está associada ao uso através de requisitos mínimos exigidos para cada tipo de aplicação, embasados por suporte legal, determinado pela legislação, apresentados na Resolução CONAMA 357 (Apêndice II). Considera ainda que a relação qualidade aplicação contemple o conceito de sustentabilidade, viabilização técnica, fator econômico e política ambiental (COSTA, 2007).

4.2.1 Atributos organolépticos

A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo humano, conforme portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 que estabelece não objetável, como critério de referência para odor. (BRASIL, 2004).

O conceito de concentração odorífica relativa é influenciado pelo dispositivo usado para diluição, à maneira com que as amostras são apresentadas as pessoas, a ordem dos fatores de diluição progressiva ascendente, concentrações descendentes o ambiente onde o teste é aplicado, o tipo de resposta dada, e a taxa de fluxo total de ar apresentada para o nariz. Classifica os odores, conforme Tabela 1, cujos compostos podem desenvolver-se no esgoto sanitário, dependendo das condições locais (RIBEIRO, 2003).

Tabela 1. Compostos odoríficos associados com esgoto não tratado

Composto odorante	Fórmula química	Odor
Aminas	CH_3NH_2 , $(\text{CH}_3)_3\text{H}$	Peixe
Amônia	NH_3	Amoniacal
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$, $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Carne em decomposição
Sulfeto de hidrogênio	H_2S	Ovo podre
Mercaptanas (metil e etil)	CH_3SH , $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Repolho em decomposição
Mercaptanas (butil e crotil)	CH_3CSH , $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	Desagradável
Sulfetos orgânicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Repolho podre
Escatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Matéria fecal

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2003).

4.2.2 Parâmetros físico-químicos

Na estação chuvosa a erosão das margens dos rios é intensificada pelo mau uso do solo, resultando um aumento da turbidez, assim como a poluição sistêmica. O aumento da turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada e algas, reduzindo a produtividade de peixes, produzindo alterações no sistema aquático (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2012).

Orssatto et al (2009) avaliaram a turbidez da água do Ribeirão Coati Chico em Cascavel, Paraná, obtiveram valores entre 4,9 e 30,9 UNT, Sardinha et al. (2008) avaliaram a turbidez do Ribeirão do Meio em Leme, São Paulo, obtiveram valores de 3 a 34 UNT, ambos considerados satisfatório em função da Resolução CONAMA 357 que determina valor máximo de 40 UNT.

De acordo com Macedo (2001), a condutividade, é a capacidade da água transmitir a corrente elétrica, e a unidade utilizada é microohm.cm^{-1} que corresponde ao

microsiemens.cm⁻¹, a uma determinada temperatura em graus Celsius, estabelecendo a relação: $1 \mu\text{S.cm}^{-1} = 1 \mu\text{ohm.cm}^{-1}$.

Foi realizado o monitoramento da qualidade da água por Toledo e Nicolella (2002), na microbacia de uso agrícola e urbano do Ribeirão Jardim, na cidade de Guaíra (SP), no período de jun/95 a jun/96. Estes pesquisadores analisaram a condutividade elétrica das amostras, obtendo valor médio de $48,8 \mu\text{S.cm}^{-1}$, atribuindo esse valor ao processo de mineralização de material orgânico provenientes de fontes antrópicas.

A temperatura desempenha um papel importante no controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, calor específico e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura (CETESB, 2012).

No diagnóstico da qualidade da água do rio Guareí no Município de Angatuba em São Paulo, Henry (2012), verificou em outubro de 2009, temperatura máxima do ar de 31°C no ponto denominado de Sítio Paraíso e de 35°C no ponto Ribeirão Grande em fevereiro de 2010, a temperatura da água nesses pontos foram de 21°C e 25°C respectivamente, atribuindo a menor temperatura ao local onde integridade da mata em torno do rio é mantida e a temperatura maior devido a ausência da mata ciliar, favorecendo a penetração da radiação solar incidente na água, aquecendo-a.

A Lei de Henry rege o mecanismo da diferença de pressões parciais, que no caso do oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, definida através da concentração de saturação de um gás na água em função da temperatura, conforme equação 1. O oxigênio é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton exerce uma pressão de 0,21 atm. para 20°C, com α igual a 43,9, obtêm-se $9,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de concentração de saturação de oxigênio em água superficial (CETESB, 2012).

$$C_{\text{sat}} = \alpha \cdot p_{\text{gás}} \quad (1)$$

Onde:

C_{sat} = concentração de saturação de um gás na água;

α = constante que varia inversamente proporcional à temperatura;

$p_{gás}$ = pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido.

Cetesb (2011) define a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma água como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A demanda bioquímica de oxigênio 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 frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

De acordo com Cetesb (2009), a principal fonte de fósforo em águas naturais é devido às descargas de esgotos sanitários cuja matéria orgânica fecal e os detergentes em pó constituem a principal fonte, como também alguns efluentes industriais tais como: indústria de fertilizantes, pesticidas, abatedouros e laticínios, apresentam quantidades excessivas.

Conte e Leopoldo (2001) relatam que o aporte de nitrogênio em corpos de água ocorre por difusão, na forma gasosa, ou na forma orgânica lixiviada das rochas e dos solos, principalmente quando nesses solos são utilizados fertilizantes ricos em compostos nitrogenados e também através do despejo de esgoto doméstico, sem tratamento prévio.

Costa (2007) associa os contaminantes da água, às impurezas dissolvidas ou em suspensão, tais como: sólidos em suspensão, sais, microrganismos e gases dissolvidos, ressaltando ainda, a eutrofização como resultante da descarga de água contaminada por altas concentrações de nitrogênio e fósforo.

As cianobactérias são microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde (BRASIL, 2005a).

Segundo Barbosa (2008), o carbono orgânico é transformado por diversos processos, etapas de transformações e organizações dos subprodutos da ação biológica e química sobre a matéria orgânica que, em primeira análise, para aspectos

ambientais, classifica as substâncias orgânicas segundo suas propriedades físicas, químicas, buscando compreender a sua funcionalidade ambiental.

O carbono orgânico total em um sistema aquático está presente sob a forma orgânica, distribuído na forma viva, correspondente ao conjunto de organismos e na forma inorgânica correspondente aos diversos sais de carbonatos, incluindo o dióxido de carbono dissolvido, e ainda, o carbono detrital que é sempre maior em relação ao carbono vivo, que em sistema terrestre está na proporção de 1:3 e na água doce de 1:10 (BARBOSA, 2008).

O termo metal pesado é reconhecido e utilizado para grupos de metais e metaloide, associados à poluição e toxicidade (Hg, Pb, Cd, As, Tl e U), incluindo alguns elementos que são biologicamente essenciais em baixas concentrações (Co, Cu, Mn, Se, e Zn), que segundo estudos relativos à toxicidade, indicam que as situações de carência levam à deficiência e o excesso resultaria em efeitos tóxicos ou até mesmo a morte (ZARA, 2001).

Sposito (1986); Nieboer e Richardson (1980) apresentam uma sequência de toxicidade molar considerando o fator enriquecimento, concentração média do metal no organismo por concentração média do metal na crosta terrestre, em função do potencial iônico do respectivo metal, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Sequência de toxicidade molar.

Organismos	Sequência de toxicidade molar
Algas	Hg>Cu>Cd>Fe>Cr>Zn>Co>Mn
Fungos	Ag>Hg>Cu>Cd>Cr>Ni>Pb>Co>Zn>Fe
Plantas ornamentais	Hg>Pb>Cu>Cd>Cr>Ni>Zn
Anelídeos	Hg>Cu>Zn>Pb>Cd
Peixes	Ag>Hg>Cu>Pb>Cd>Al>Zn>Ni>Cr>Co>Mn>>Sr
Mamíferos	Hg, Ag, Cd>Cu, Pb, Co, Sn, Be>>Mn, Zn, Ni, Fe, Cr>>Sr>Cs, Li, Al

Fonte: Adaptado de (SPOSITO, 1986); (NIEBOER e RICHARDSON, 1980).

Barbosa (2008), obteve resultados com ensaios de toxicidade crônica com inseto aquático *C. xanthus*, com cádmio na concentração de 7 mgL^{-1} em presença de diferentes concentrações de substâncias húmicas (SH), verificou que não apresentou diferenças significativas quanto à sobrevivência das larvas, no entanto, a mistura dos metais cádmio e cobre na concentração de 5 mgL^{-1} , ocasionou um efeito sinérgico, explicado pela maior afinidade do cobre.

De acordo com Braile e Cavalcante (2003), o cádmio é considerado um elemento de elevado potencial tóxico, é irritante gastrointestinal e sob a forma de sais solúveis tem causado intoxicação aguda e crônica. Os autores relatam que áreas de Long Island em Nova York (EUA) foram encontradas taxas de 0,34 a $0,60 \text{ mg.L}^{-1}$ de cádmio.

O cádmio está presente na água doce em concentrações traços, geralmente inferiores a $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$. O cádmio pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis, pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos e praguicidas. É um metal de elevado potencial tóxico, acumula-se em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar, contribuindo nos processos patológicos, como a disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer (CETESB, 2012).

O cromo em concentrações elevadas e estado de oxidação diferente de 3, como os compostos hexavalente mais tóxicos e mais voláteis é potencialmente perigoso à saúde e ao equilíbrio ambiental. Já em pequenas quantidades, realiza importantes funções no metabolismo da glicose por ser um elemento bioativo (FREITAS e MELNIKOV, 2006).

Porto e Ethur (2009) investigaram a toxicidade de cromo na água e nos peixes da Bacia dos Rios Butuí, Icamaquã e Uruguai, na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, de junho de 2007 a fevereiro de 2008, obtendo teores próximos aos limites legais, de 0,9599, 0,9595 e $2,7157 \text{ mg.L}^{-1}$, para os peixes e de 0,3283, 0,2783 e $0,1700 \text{ mg.L}^{-1}$, para água, respectivamente aos rios estudados.

Freitas e Melnikov (2006) informam que as principais fontes de cromo no meio ambiente, são originárias de atividades de mineração, indústrias de cromagem e curtume onde encontraram pesquisaram valores de cromo com níveis ecologicamente perigosos, acima do permitido, as médias de $433,83 \text{ mg.L}^{-1}$ para o curtume A e de $204,74 \text{ mg.L}^{-1}$ para o curtume B e a concentração de cromo nos efluente tratados de

16,17 mg.L⁻¹ e 3,27 mg.L⁻¹ respectivamente, não apresentando caráter estável, estando sujeitas a bruscas modificações.

O mercúrio pode ocorrer em três estados de oxidação: mercúrio metálico (Hg⁰), metal líquido a temperatura ambiente, íon mercurioso (Hg₂²⁺) formado por dimerização de dois átomos de mercúrio e o íon mercúrico (Hg²⁺) que liga-se covalentemente a radicais orgânicos resultando em vários compostos organometálicos como os alquilmercúricos e metilmercúrio, presentes no ambiente nos tecidos e fluidos biológicos com maior potencial tóxico, e sua contaminação em alguns efluentes brasileiros é atribuída às mineradoras que utilizam o metal para extração de ouro amalgamado (ZARA, 2001).

O mercúrio na forma de vapor, absorvido pelo organismo humano, segundo Micaroni et al, (2000); Craig (1986), quando inalado através dos pulmões a uma proporção de 75 a 80%, é oxidado, e o íon Hg(II) é distribuído pelo corpo através do sangue podendo ligar-se a albumina e a hemoglobina, causando sintomas como: tremor, vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, fraqueza, depressão, distúrbios visuais, dispneia, tosse, inflamações gastrointestinais, queda de cabelo, náusea e vômitos.

A presença de chumbo está veiculada a contaminação proveniente de indústrias, como as de galvanoplastia e de baterias. O chumbo tende ser cumulativo no organismo, levando a intoxicação crônica denominada de saturnismo (MACÊDO, 2001).

As principais fontes de contaminação por chumbo, segundo Bechara (2004), são devidas as tintas de paredes, baterias de automóveis, soldas, gasolinas aditivadas com tetra etil-chumbo (até 1982) e emissões industriais. O autor descreve que muitas doenças provocadas pelo chumbo, afetam principalmente o cérebro, sangue, fígado, rins e outros órgãos.

O grau de contaminação de chumbo em crianças, acima de 10 µg.dL⁻¹, agravam os sintomas como: dificuldade de aprendizado, apatia, dores de cabeça, perda da audição, dores abdominais e nas juntas, comportamento agressivo e eventualmente à morte. Já em adultos, os sintomas são hipertensão e dores de cabeça (BECHARA, 2004).

Segundo Rocha e Hirche (1994), a presença de chumbo na água dificilmente é de origem geológica, mas sim devido à corrosão de velhas tubulações. Os autores analisaram amostras nas represas de captação superficial de Anhumas e Cruzes na

cidade de Araraquara, obtendo valores inferiores a $50 \mu\text{g.L}^{-1}$ que é o limite aceito pela Organização Mundial de Saúde, para água potável destinada ao consumo humano.

4.2.3 Parâmetros microbiológicos

Arariba et al (2008), avaliaram a quantidade de coliformes termotolerantes da água em duas nascentes do Córrego Charqueada, no bairro Estância Biquíni, em Teixeira de Freitas, na Bahia, obtendo média de $2,3 \cdot 10^2$ NMP (número mais provável) por 100 mL na nascente 1 e $2,3 \cdot 10^3$ NMP/100 mL na nascente 2. Observaram que a nascente 1 estava de acordo com a resolução CONAMA n° 274, que determina o padrão NMP de 250 coliformes termotolerantes, e a nascente 2, apresentou 1.000 coliformes termotolerantes acima do padrão, estando assim na categoria imprópria.

O grupo dos coliformes totais inclui as bactérias na forma de bastonetes gram negativos, não esporogênicos anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C , incluindo-se neste grupo mais de 20 espécies originárias do trato gastrintestinal. Difere dos grupos coliformes fecais ou coliformes termotolerantes por estes serem capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24h a $44,5\text{-}45,5^\circ\text{C}$ (SILVA et al 2005).

Os coliformes termotolerantes, de acordo com a definição da Resolução CONAMA 357/05, Brasil (2005a) são bactérias gram negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, caracterizadas pela atividade da enzima galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de $44 - 45^\circ\text{C}$, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

A *E.Coli* é uma bactéria pertencente a família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima glicuronidase. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes, cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (BRASIL, 2005a).

4.3 Parâmetros climáticos

4.1 Legislação Brasileira sobre Recursos Hídricos

4.3.1 Pluviométricos

Sartoril et al (2009), atribui classificação do clima no Município de Botucatu pelo sistema Koppen, como tipo Cfa, clima temperado chuvoso, precipitação média anual dos últimos 20 anos de 1.477,06 mm, com direção de ventos basicamente vindos do sudeste.

De acordo com Figueiredo e Sugahara (1997), citado por Emídio (2010), as características climatológicas das estações do ano na região sudeste são:

- a) Estação primavera: (meses de setembro, outubro e novembro) marca o final da estação seca e início da estação das chuvas, favorecendo o aumento da precipitação, com média acumulada de 150 mm, temperatura mínima média de 17,5°C e temperatura máxima média de 30,5°C.
- b) Estação verão: (meses de dezembro, janeiro e fevereiro) são mais frequentes as ocorrências de chuvas com intensidade forte, de curta duração, acompanhadas de trovoadas, com precipitação média acumulada de 250 mm, temperatura mínima média de 17,5 °C e temperatura máxima média de 30,5°C.
- c) Estação outono: (meses de março, abril e maio) ocorre à entrada das primeiras massas de ar frio, geralmente de origem polar, redução das chuvas, com impacto na agricultura e nos recursos hídricos, com precipitação média acumulada de 140 mm, temperatura mínima média de 12°C e temperatura máxima média de 25°C.
- d) Estação inverno: (meses junho, julho e agosto) é a estação mais seca e fria do ano, em média chove cinco vezes menos do que no verão, chuvas são escassas, e quando ocorrem, os maiores valores concentram-se na faixa leste do Estado, a temperatura mínima varia de entre 10°C a 14°C em grande parte do Estado e temperaturas máximas varia de entre 20°C a 24°C na porção centro-leste e de 26°C a 30°C no centro-oeste.

4.3.2 Radiação solar

Escobedo et al, (2009), apresentam a importância do conhecimento da variação sazonal das irradiações globais em diversas áreas e que, sob o ponto de vista agrônômico está associado com a variabilidade dos elementos climáticos do local como temperatura, umidade, precipitação, evaporação, além de grande importância, atualmente, para o uso racional da água.

A importância do estudo da radiação solar destina-se à análise do crescimento e desenvolvimento de plantas, aquecimento da água e do ar, como também o potencial de energia solar (fotoeletricidade). Observa ainda que, entre algumas formas de obtenção da irradiação solar global, de alto custo, os métodos de estimativa numérica têm sido aplicados em função de avanços computacionais (BERTONI, 2011).

Vários trabalhos relacionam brilho solar com radiação solar que é uma medida indireta da radiação solar global. Dal Pai (2009) obteve medidas de horas de brilho monitoradas através de um heliógrafo que concentra os raios solares em um ponto (queima do papel localizado no foco dos raios convergentes), e a radiação solar medida através de piranômetros.

A equação de Angstrom (1924), modificada por e Prescott (1940), é utilizada para obter a radiação global para qualquer cobertura de céu, relaciona o total de radiação extraterrestre incidente em uma superfície horizontal na ausência de atmosfera, e as constantes empíricas dependentes do local (efeito de transmitância de vapor d'água, aerossol e nuvens). A razão entre a radiação global e a radiação extraterrestre recebe o nome de índice de claridade e a razão entre a insolação e o fotoperíodo, razão de insolação (DAL PAI, 2011).

De acordo com Martins et al (2004), a radiação solar constitui a principal força motriz para processos térmicos, dinâmicos e químicos, através da energia do sol, propagando-se como energia radiante, cuja principal característica de um campo de radiação é a radiância (ou intensidade de radiação). Conhecendo-se a radiância pode-se determinar a densidade de fluxo de radiação, define ainda o termo irradiância, como a

densidade de fluxo de radiação incidente sobre uma superfície e emitância radiante, a densidade de fluxo emitido por uma superfície.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Instituto de Biociências (IB) e na Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu.

5.1 Área de estudo

A microbacia do Córrego São Caetano situa-se no Município de Botucatu, com uma área de 3316,95 ha, entre as coordenadas geográficas: 22°46'21'' e 22°52'32'' de latitude S e 48°26'25'' a 48°29'27'' de longitude WGr.

Oliveira (1999) descreve os solos da região como LVA (Latosolos Vermelho-Amarelos), NV (Nitossolos Vermelhos), e PVA (Argissolos Vermelho-Amarelos).

De acordo com Martins (1989) o clima predominante no Município de Botucatu é temperado e chuvoso, com ventos predominantes na direção sudeste, com temperatura média anual de 20,2°C, sendo que a temperatura média dos meses quentes é de

23,2°C e nos meses frios de 16,9°C, com precipitação anual média de 1447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso de 223,4 mm e no mais seco 37,8 mm.

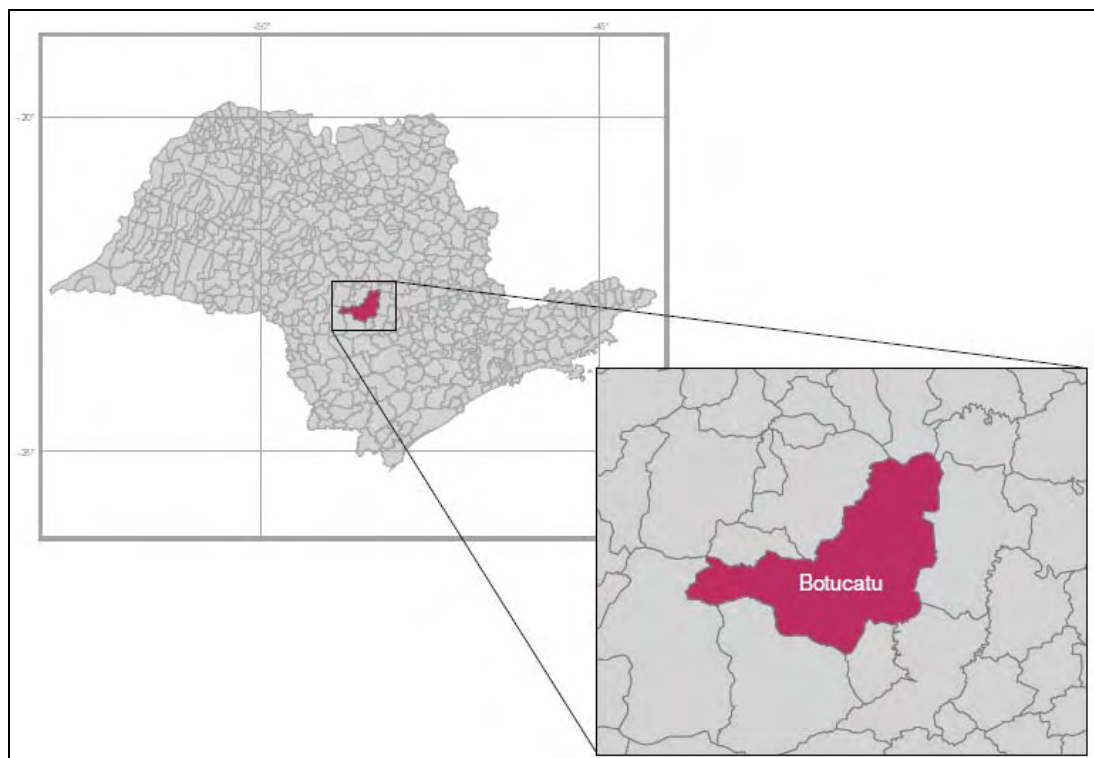


Figura 1. Localização do Município de Botucatu – SP.
Fonte: Adaptado de (NASCIMENTO, 2010).

Castro (2003) descreve que o Município de Botucatu possui três regiões fisiográficas: Depressão Periférica, Frente e Reverso da “Cuesta”, englobando parte da “Cuesta” Basáltica, denominada de serra de Botucatu, formada por antigos derrames de lava intercalada com camadas de arenito, apresentando escarpados à Leste. O seu reverso acompanha o mergulho geral das camadas mesozóicas para a calha no rio Paraná, formando o Planalto Ocidental Paulista.

Castro (2003) discorre ainda sobre a drenagem na região da Depressão Periférica e afluentes, inferindo que os rios que nascem na “Cuesta”, deságuam paralelamente na bacia do rio Tietê (microbacia do Rio Capivara) e na bacia do rio Paranapanema (microbacia do Rio Pardo).

A nascente do córrego São Caetano situa-se no distrito industrial I, do Município de Botucatu, SP, que segundo Silva (1999), sua sede tem as seguintes coordenadas geográficas: 22° 52' S e 48° 26' WGr.

O córrego São Caetano, demonstra sua importância regional, por abastecer de água o setor agrícola, na dessedentação de animais, uso doméstico, recreação e lazer. Afluente do ribeirão córrego Fundo e do rio Araquá, ambos deságuam no rio Capivara, que segundo Uieda e Barretto (1999) é o mais importante afluente à margem esquerda da bacia do Médio Tietê.

A Figura 2 elaborada pelo sistema de planimetria digitalizada conforme Silva et al. (1993), mostra a rede de drenagem em todo o percurso (13.364 m) do córrego São Caetano, com suas nascentes e pontos de coleta na área urbana correspondente a 4.069 m no percurso urbano e 9.069 m no percurso rural.

A Figura 3 elaborada pelo programa ArcView 9.3, mostra o uso e ocupação do solo, com a zona urbana e rural, complementada pela Tabela 3 que mostra as áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo correspondentes (MILLANI, 2012).

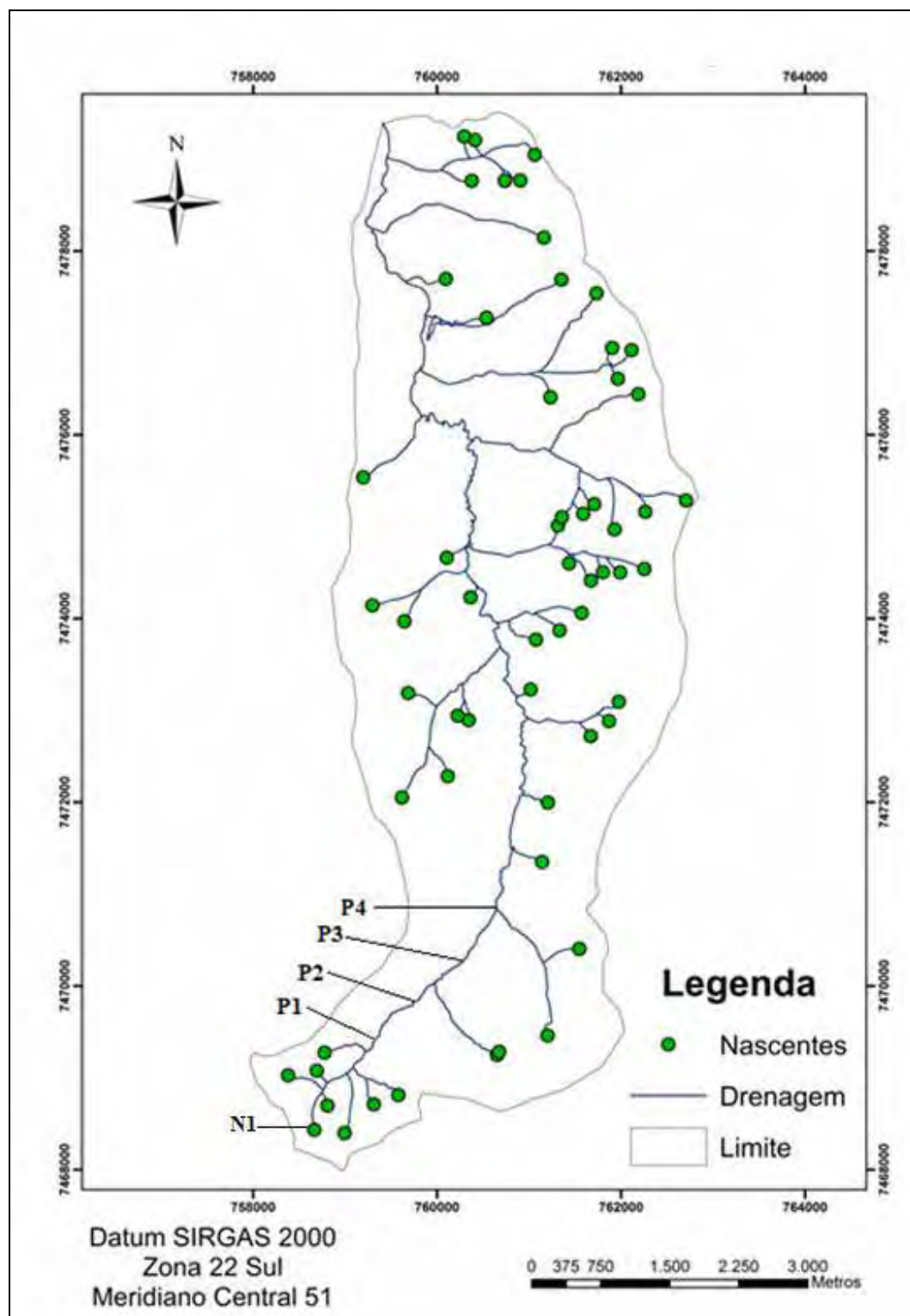
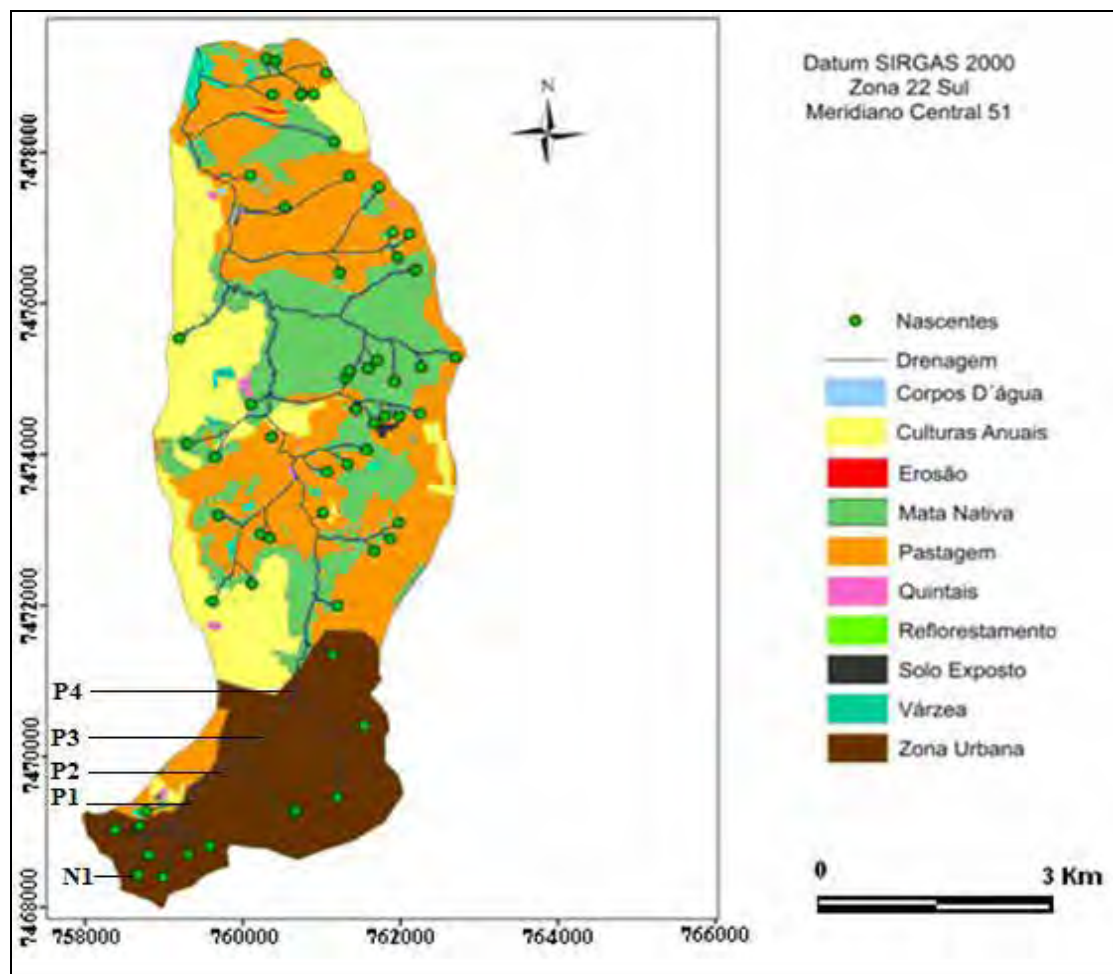


Figura 2. Rede de drenagem do córrego São Caetano



Fig

ura 3. Uso e ocupação do solo do córrego São Caetano

Tabela 3. Áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo

Usos	Área	
	(ha)	(%)
Corpos d'água	4,70	0,14
Várzea	49,48	1,49
Mata	806,33	24,31
Culturas	581,50	17,53
Pastagem	1.146,17	34,56
Quintais	11,14	0,34
Área urbana	710,58	21,42
Erosão	1,40	0,04
Reflorestamento	0,69	0,02
Solo exposto	3,62	0,11
Edificações	1,34	0,04
Total	3.316,95	100,00

5.2 Periodicidade e amostragem

Preliminarmente foram realizadas amostragens para adequação de metodologia e determinação dos locais de coletas, em função dos focos de agentes poluidores perceptíveis como lixo e esgoto não tratado no perímetro urbano.

As coletas foram realizadas no período de novembro de 2010 a setembro de 2011, das 8:00 às 10:00 hs., coletadas após pelo menos 5 dias de estiagem, em função da diluição provocada pelas águas das chuvas, para não interferir na condição natural do ambiente, de acordo com Belluta (2008). Seguiu-se um cronograma de coleta com frequência bimestral, em quatro pontos de amostragem, em duas estações predominantes, a chuvosa e a seca.

A estação predominantemente chuvosa compreende o período de outubro a março e a estação predominantemente seca compreende o período de abril a setembro, na região Sudeste, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Estações predominantemente chuvosa e seca na região Sudeste.

Datas das coletas	04/nov/2010	24/jan/11	17/mar/11	19/mai/11	07/jul/11	15/set/11
Estações do ano	Primavera: Set. a Nov.	Verão: Dez. a Fev.	Outono: Mar. a Mai.	Outono: Mar. a Mai.	Inverno: Jun. a Ago.	Primavera: Set. a Nov.
Características das estações	Início das chuvas	Chuvas com intensidade	Redução das chuvas	Redução das chuvas	Chuvas escassas	Final da seca
Estação predominante	Chuvosa	Chuvosa	Chuvosa	Seca	Seca	Seca

Fonte: Adaptado de (EMÍDIO, 2010).

As amostras dos sedimentos e de água destinadas às determinações microbiológicas foram coletadas na metade do corte transversal no fundo do córrego, as quais foram removidas com o auxílio de espátula e acondicionadas em sacos de polietileno

Nasco WHIRL-PAK, preenchidos no máximo 3/4 de sua capacidade, esterilizados, guardadas sob refrigeração e analisadas no máximo após 24 horas (SILVA et al, 2005).

As amostras de água destinadas às determinações físico-químicas, metais pesados e microbiológicas da água, foram coletadas, em frascos de polietileno de 5 litros (a primeira água coletada serviu à lavagem do frasco e a segunda à amostragem), à aproximadamente 10 cm abaixo da superfície do córrego. Para a determinação dos metais, as amostras de água foram armazenadas a $\text{pH} < 2$ com adição de ácido nítrico (HNO_3) concentrado, de acordo com (SOUZA e DERÍSO 1977).

5.3 Locais de coleta das amostras

O córrego São Caetano apresenta um marco divisório no perímetro urbano: a direita encontra-se a área urbana densamente povoada e a esquerda, área rural e loteamentos formados. Sua nascente ocorre no distrito industrial a 1.139 m do ponto P1, do ponto P1 ao ponto P2 distam 1.160 m abrangendo a área urbana e culturas anuais, do ponto P2 ao ponto P3 distam 812 m com área urbana e loteamentos, do ponto P3 ao ponto P4 distam 1.184 m com área urbana e pastagem, num percurso total de 4.295 m, apresentando os efeitos das possíveis ações antrópicas por parte destas populações, representados por esses quatro pontos de amostragens estratégicos.

O ponto P1 situa-se entre a nascente e os bairros Jardim Eldorado e Jardim Continental, nas coordenadas $48^\circ 28' 22''$ W e $22^\circ 27' 57''$ S, o ponto P2, entre o Jardim Real Park e Jardim Cambuí, nas coordenadas $48^\circ 27' 57''$ W e $22^\circ 51' 24''$ S, o ponto P3, entre o Jardim Cambuí e Jardim Itamarati, nas coordenadas $48^\circ 27' 40''$ W e $22^\circ 51' 05''$ S, e o ponto P4, na cabeceira da cachoeira do Jardim Monte Mor, nas coordenadas $48^\circ 27' 33''$ W e $22^\circ 50' 30''$ S, conforme Tabela 5 e Figuras de 4 a 7.

Tabela 5. Descrição dos pontos de coleta na região estudada

Pontos de amostragem	Localização	Distância entre pontos (m)	Altitude (m)	Vegetação Natural
N1	Distrito Industrial	Nascente	822	Presença
P1	Jardim Eldorado e Jardim Continental	1.139	791	Presença
P2	Jardim Real Park e Jardim Cambuí	1.160	767	Presente
P3	Jardim Cambuí e Itamarati	812	750	Presente
P4	Jardim Monte Mor	1184	727	Presente
Total		4069		



Figura 4. Ponto de coleta de amostra P1, Jardim Eldorado e Jardim Continental.



Figura 5. Ponto de coleta de amostra P2, Jardim Real Park e Jardim Cambuí.



Figura 6. Ponto de coleta de amostra P3, Jardim Cambuí e Jardim Itamarati.



Figura 7. Ponto de coleta de amostra P4, Jardim Monte Mor.

5.4 Atributos organolépticos da água

O método sensorial adotado de acordo com a metodologia proposta por Ribeiro (2003), na detecção de odores e aspectos, utilizou-se da primeira sensação, em função das concentrações mínimas detectáveis à diluição de ar local, denominadas de sem odor e com odor, límpido e turvo, perceptível no instante de chegada para as coletas das amostras.

Interações de cores da matéria orgânica solúvel presente com elevados teores de ferro produz o aspecto visual da água, segundo Gonçalves (2003), já para Cetesb (2012), a cor esta associada a presença de material em estado coloidal orgânico e inorgânico dissolvidos, como substâncias naturais resultantes da decomposição de folhas e também de esgoto doméstico.

5.5 Variáveis estudadas

As variáveis: Condutividade elétrica, Potencial hidrogeniônico, Turbidez, Demanda bioquímica de oxigênio, Carbono orgânico total, Nitrogênio total, Fósforo, foram realizadas no Departamento de Química e Bioquímica (IB). As determinações dos Metais pesados, realizadas no Centro de Assistência Toxicológica (IB), determinações Microbiológicas no Departamento de Microbiologia e Imunologia (IB), Metodologia Estatística, no Departamento de Bioestatística (IB), e os dados da Radiação global e pluviométricos, obtidos no Departamento de Recursos Naturais (FCA).

5.5.1 Temperatura da água e do ar

As determinações das temperaturas da superfície da água e do ar foram medidas no momento da coleta, através de um termômetro digital acoplado no pHmetro Digimed modelo DMPH-2, com eletrodo de vidro combinado, portátil, previamente calibrado com solução padrão no dia da coleta. Na determinação da temperatura da água, foram imersos o conjunto eletrodo termômetro de 4 a 5 cm abaixo da área espelhada, até a estabilização e na determinação da temperatura do ar, de 1,40 à 1,50 m acima da superfície da área espelhada, até a estabilização, com o termopar exposto à sombra e seco.

5.5.2 Condutividade elétrica (CE)

A Condutividade Elétrica (CE) foi determinada, através do Condutivímetro digital, Tecnopon, modelo MCA-150, corrigida para a temperatura de 25°C com unidade em micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^1$).

5.5.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

As leituras de pH nas amostras foram realizadas utilizando-se o pHmetro Digimed, modelo DMPH-2, com eletrodo de vidro combinado. Na determinação do

pH da água, foram imersos o conjunto com eletrodo de vidro, de 4 a 5 cm abaixo da área espelhada, até a estabilização para início da leitura.

5.5.4 Turbidez

A turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, em função da absorção e espalhamento, provocados pela presença das partículas de sólidos em suspensão (areia, silte, argila, algas e bactérias), (CETESB, 2009).

A turbidez foi determinada através do Turbidímetro, Turbiquant modelo 1500T cuja unidade é UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

5.5.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio na água foi determinada pelo método de Winkler modificado, conforme descrito por (GOLTERMAN e CLYMO, 1991; GREENBERG et al, 1995).

O método fundamenta-se em fornecer à amostra da água, um composto oxidável pelo oxigênio presente na mesma, o hidróxido manganoso, medindo-se a quantidade de composto oxidado. O teor de oxigênio dissolvido (OD) na água foi determinado também pelo método de Winkler, com análise feita logo após a coleta.

Quanto maior a quantidade de oxigênio na amostra, maior será a quantidade de composto oxidado. Como as águas coletadas apresentam um teor de OD significativo, não houve a necessidade de diluí-las.

O cálculo da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi realizado de acordo com a equação 2.

$$DBO^5 (\text{mg.L}^{-1}) = \left[\frac{((OD^0) - (OD^5)) \cdot 100}{D} \right] \quad (2)$$

Onde:

DBO^5 = demanda bioquímica de oxigênio após 5 dias de incubação a 20 °C (mg $O_2.L^{-1}$).

(OD^0) = oxigênio dissolvido inicialmente em mg $O_2.L^{-1}$.

(OD^5) = oxigênio dissolvido após 5 dias de incubação a 20 °C em mg $O_2.L^{-1}$.

D = % da diluição.

5.5.6 Carbono orgânico total (COT)

As amostras foram filtradas à vácuo em filtro milipore 0,2 μm e posteriormente conservadas em frascos rotulados. A solução presente nos frascos foi analisada quanto ao carbono orgânico total (COT), através do analisador com faixa de detecção 4 ppb a 25000 ppm, Shimadzu (2001), modelo TOC-v VCPH/CPN (Total Organic Carbon Analyzer), Shimadzu, interfaciado a um computador, onde o registro obtido no aparelho é diretamente proporcional à quantidade de (COT), da amostra (GREENBERG et al, 1995).

5.5.7 Nitrogênio total (NT)

As amostras foram filtradas a vácuo em filtro milipore 0,2 μm e posteriormente conservadas em frascos rotulados. A solução presente nos frascos foi analisada quanto ao nitrogênio total (NT), através de analisador detector de quimioluminescência com faixa de detecção 0,1 mg.L⁻¹ a 4000 L⁻¹ (ppm), Shimadzu (2005), modelo TOC-v VCPH/CPN (Total Organic Carbon Analyzer), Shimadzu, o qual permite a determinação simultânea de TOC e NT, interfaciado a um computador, onde o registro obtido no aparelho é diretamente proporcional a quantidade de nitrogênio total (NT), da amostra (GREENBERG et al, 1995).

5.5.8 Fósforo (P)

O método usado para determinação do fósforo (P) através de cálculo estequiométrico do fosfato total (PO_4^{3-}) é o de azul de molibdênio, com bismuto como

catalisador, denominado método do ácido molibdicobismutofosfórico, que consiste na digestão e posterior determinação espectrofotométrica. Em meio ácido, os íons ortofosfato, molibdato e bismuto reagem para formar um heteropoliácido complexo (ácido molibdicofosfórico) de cor azul, de natureza ainda não conclusivamente estabelecida e/ou aceita, cuja intensidade de cor é proporcional à quantidade de ortofosfato ácido (H_2PO_4^-) inicialmente incorporado ao heteropoliácido (GOLDMAN e HARGIS, 1969; WATANABE e ONSSEN, 1965).

5.5.9 Metais pesados

Na preparação, foi transferido 500 mL da amostra de água para um béquer de forma alta, adicionado 2 mL de HNO_3 concentrado e homogeneizado; aquecido em bloco digestor até volume de 2 mL. Adicionado de 2 em 2 mL água oxigenada (H_2O_2) 29-32% p.a., e de 2 em 2 mL de HNO_3 concentrado, até a obtenção de uma amostra com transparência, isenta de matéria orgânica, filtrado (papel de filtro Whatman 40, diâmetro 5,5 cm); transferido este volume para balão volumétrico de 25 mL (lavado várias vezes o béquer com pequenas porções de água destilada), tampado, homogeneizado e transferido para frascos de polietileno (ODIER, 1978).

A solução presente nos frascos para as determinações dos teores dos metais: Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), e Mercúrio (Hg), foram realizadas no do espectrofotômetro de absorção atômica (AA – 6800 – Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu), interfaciado a um computador, onde o registro obtido no aparelho é diretamente proporcional à quantidade de emissão atômica produzida pelo metal na amostra (CAMPOS, 2001).

5.6 Parâmetros microbiológicos

O método microbiológico adotado para contagem de Coliformes Totais e Termotolerantes foi a técnica de diluição de tubo múltiplo, de acordo com (GREENBERG et al 1995; SILVA et al 2005).

Para a verificação da presença de coliformes fecais, três alçadas do tubo positivo de maior diluição foram semeadas em três tubos contendo meio *E. coli broth* e posteriormente incubados em banho-maria a 44,5°C por 24 horas. A positividade foi verificada pela turvação do meio e pela produção de gás.

O método de contagem em placas é uma técnica de enumeração de microrganismos, utilizada para contagem de espécies como enterococos, pseudomonas, coliformes totais, termotolerantes e outros. O método baseia-se na premissa de que cada célula microbiana presente na amostra irá formar, quando fixado o meio de cultura adequado, uma colônia visível e isolada.

5.7 Radiação global

Para o cálculo da radiação global foi utilizado equação de Angstrom (1924), modificada por e Prescott (1940), conforme equação 3.

$$\frac{H_g}{H_o} = a + b \left(\frac{n}{N} \right) \quad (3)$$

Onde:

H_g = radiação global em (MJ.m⁻²);

H_o = radiação extraterrestre (MJ.m⁻²);

n = insolação, hora decimal;

N = fotoperíodo;

$a = 0,25$ - constante de transmissividade no Município de Botucatu;

$b = 0,51$ - constante de transmissividade no Município de Botucatu.

5.8 Metodologia Estatística

Para as variáveis que apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variâncias foi realizada a análise de variância no delineamento inteiramente ao acaso, seguida do teste de Tukey para comparação múltipla entre as médias; caso contrário, foi realizada a análise de Kruskal-Wallis, teste não paramétrico, considerando

que as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes. O nível de significância utilizado foi de 5%. Os resultados foram apresentados em forma de tabelas e gráficos Box plot e lineares (ZAR, 1999).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análises organolépticas da água

O odor da água em todos os pontos e datas de coletas é predominante sem odor, exceto no ponto 4 no período dos meses de maio a setembro de 2011, ocorrendo semelhança com relação ao aspecto visual no mesmo período, verificado como turvo. É predominante o aspecto da água turvo, nos meses de julho a setembro de 2011, exceto no ponto 3 no mês julho. A relação do aspecto límpido com a percepção odorífica, sem odor, observa-se em quase todos os pontos. Somente no ponto P4 nos meses de maio a setembro é que o aspecto turvo e com odor relaciona-se, em função de poluentes gerados pelo esgoto doméstico difuso clandestino na região desse ponto de amostragem (Tabela 6 e 7).

Nas condições de qualidade consideradas pela Resolução CONAMA 357, determina virtualmente ausentes, substâncias que comuniquem odor e cor, provenientes de fontes antrópicas, para águas doces de classe 1. Somente para cor, determina para classe 2 e 3: não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais. Para

classe 4, determina as condições e padrões para odor e aspecto como não objetável (BRASIL, 2005a).

Tabela 6. Aspecto da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Turvo	Turvo
P2	Límpido	Límpido	Límpido	Turvo	Turvo	Turvo
P3	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Turvo
P4	Límpido	Límpido	Turvo	Turvo	Turvo	Turvo

Tabela 7. Odor da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor
P2	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor
P3	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Sem odor
P4	Sem odor	Sem odor	Sem odor	Com odor	Com odor	Com odor

6.2 Temperaturas da água e do ar

Estudos realizados por Figueiredo e Sugahara (1997), citado por Emídio(2010), relatam as temperaturas médias no Estado de São Paulo em função das estações do ano: para o verão, temperatura mínima média de 17,5 °C e temperatura máxima média de 30,5°C; para o outono, temperatura mínima média de 12°C e temperatura máxima média de 25°C; para o inverno, temperatura mínima varia de entre 10°C a 14°C em grande parte do Estado e temperaturas máximas varia de entre 20°C a 24°C; para a primavera , temperatura mínima média de 17,5°C e temperatura máxima média de 30,5°C.

As temperaturas mínimas do ar e da água registrada na estação chuvosa, conforme as Tabelas 8 e 9 foram de 18,0 °C e 18,4 °C, respectivamente, ocorridas no mês de março nos pontos P1 e P2; as temperaturas máximas do ar e da água registrada de na estação chuvosa foram de 22,5 °C e 21,7 °C, respectivamente, ocorridas no mês de

janeiro no ponto P4; indicam que este ambiente favorece o crescimento dos organismos psicrofílicos, segundo Macedo (2001).

As temperaturas mínimas do ar registradas na estação seca e mínima da água foram de 17,5 °C e 17,3 °C, respectivamente, ocorridas no mês de maio nos pontos P1 e P2 e a temperatura máxima do ar registrada de na estação seca e máxima da água foram de 21,2 °C e 19,7 °C, respectivamente, ocorridas no mês de julho no ponto também no P4 (Tabelas 8 e 9), indicando que a temperatura em torno de 20°C favorece a maior concentração de oxigênio na água e, quanto maior for a temperatura, maior será a solubilidade dos sais, CETESB (2012).

Tabela 8. Temperaturas médias (°C) do ar nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

Coletas	Nov/2010	Jan/11	Mar/11	Mai/11	Jul/11	Set/11
P1	19,6	21,4	18,8	17,8	20,8	18,4
P2	19,1	22,1	18,0	17,5	21,0	17,9
P3	20,4	21,9	19,9	17,7	20,7	18,0
P4	20,5	22,5	20,2	18,8	21,2	18,8

Tabela 9. Temperaturas médias (°C) da água nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

Coletas	Nov/2010	Jan/11	Mar/11	Mai/11	Jul/11	Set/11
P1	19,7	21,2	18,4	17,3	18,7	17,7
P2	18,9	21,4	18,7	17,8	19,3	17,6
P3	19,8	21,4	19,5	17,6	19,8	18,0
P4	19,6	21,7	18,9	18,1	19,7	17,7

As médias da temperatura da água (TAG) e temperatura do ar (TAR), apresentadas nas Tabelas 10 e 11 segundo as estações chuvosa e seca, verifica-se que temperaturas do ar são maiores que a temperatura da água, devido a ausência de cobertura vegetal em todos locais de coleta amostrados.

Tabela 10. Valores de média e desvio-padrão das variáveis segundo os pontos de amostragens para a estação chuvosa

Variável	Pontos				Valor de p
	P1	P2	P3	P4	
OD (mg.O ₂ .L ⁻¹)	7,0	6,2	6,9	6,6	0,80
	0,9	1,6	0,3	1,0	
DBO (mg.O ₂ .L ⁻¹)	1,2	2,3	2,4	2,1	0,67
	0,8	0,6	0,8	2,2	
pH	6,5	6,1	6,0	6,5	0,36
	0,1	0,4	0,3	0,7	
CE (μS.cm ⁻¹)	327,4	159,8	216,2	209,1	0,25
	40,8	10,9	129,0	132,9	
TUR (UNT)	3,3	3,5	3,0	3,9	0,76
	0,7	1,3	0,4	1,5	
TAG (°C)	19,8	19,7	20,2	20,1	0,95
	1,4	1,5	1,0	1,5	
TAR (°C)	20,0	19,7	20,7	21,1	0,67
	1,3	2,1	1,0	1,3	
COT (mg.O ₂ .L ⁻¹)	22,1	16,2	20,6	20,8	0,57
	4,4	1,3	7,1	6,1	
N (mgN.L ⁻¹)	3,6	2,7	4,1	4,5	0,85
	0,7	1,1	3,8	3,3	
C/N	6,4	6,8	6,9	5,8	0,95
	2,6	3,0	3,0	2,2	

Tabela 11. Valores de média e desvio-padrão das variáveis segundo pontos de amostragens para a estação seca

Variável	Pontos				Valor de p
	P1	P2	P3	P4	
OD (mg.O ₂ .L ⁻¹)	7,0a	6,9a	5,9a	3,2b	0,003
	0,7	0,2	0,7	1,6	
DBO (mg.O ₂ .L ⁻¹)	0,2	0,8	1,4	2,3	0,11
	0,1	0,6	0,6	1,6	
pH	7,5a	7,1ab	7,0b	7,1ab	0,03
	0,1	0,0	0,2	0,2	
CE (μS.cm ⁻¹)	289,5a	148,3b	139,5b	232,2a	<0,0001
	4,0	5,6	5,1	45,8	
TUR (UNT)	2,7	3,8	2,0	4,4	0,72
	1,4	3,1	1,4	4,3	
TAG (°C)	17,9	18,2	18,5	18,5	0,87
	0,7	0,9	1,2	1,1	
TAR (°C)	19,0	18,8	19,1	19,6	0,95
	1,6	1,9	2,2	1,4	
COT (mg.O ₂ .L ⁻¹)	21,0a	15,5ab	12,5ab	11,1b	0,04
	4,9	2,6	2,3	4,3	
N	4,4	4,0	3,1	5,4	0,70
	0,9	2,4	0,5	3,8	
C/N	5,0	4,9	4,2	2,9	0,68
	2,2	3,2	1,6	2,3	

Letras minúsculas comparam pontos para as variáveis significativas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Corpos de água naturais apresentam variações de temperaturas devido ao regime climático normal, sazonais e diurnas. Fatores como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade, influenciam a temperatura superficial (CETESB, 2009).

Analisando-se os resultados das temperaturas da água e do ar nos períodos predominantes de chuva e de seca, apresentados nas Figuras 8 e 9, basicamente

seguem o mesmo padrão, coerentes com as estações do ano; primavera e verão temperaturas maiores e período de chuva, outono e inverno temperaturas menores e período de seca.

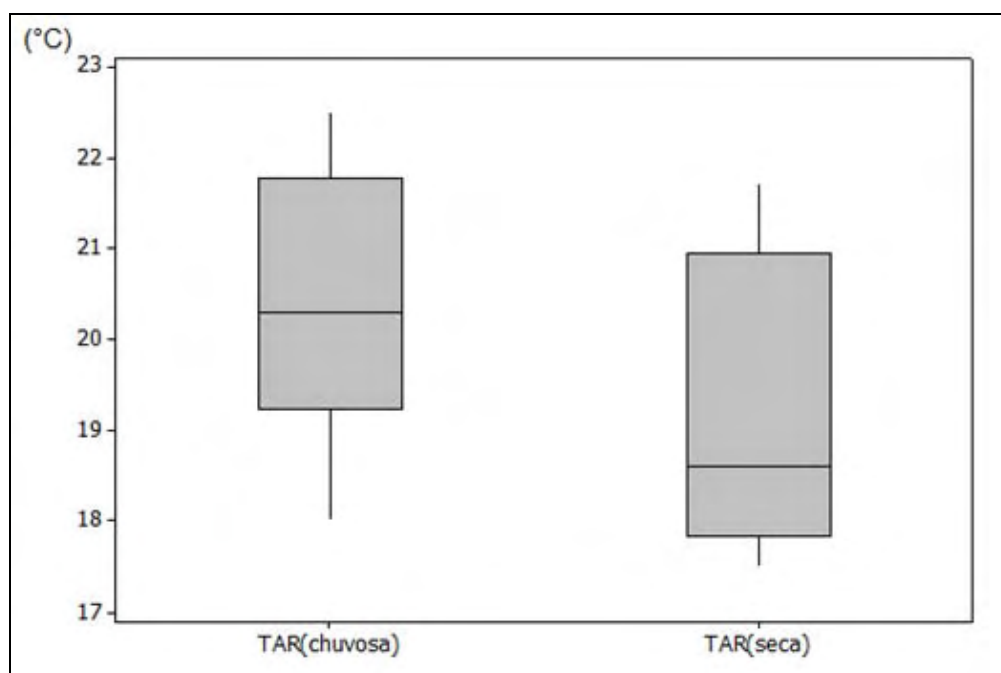


Figura 8. Temperaturas do ar segundo a estação chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

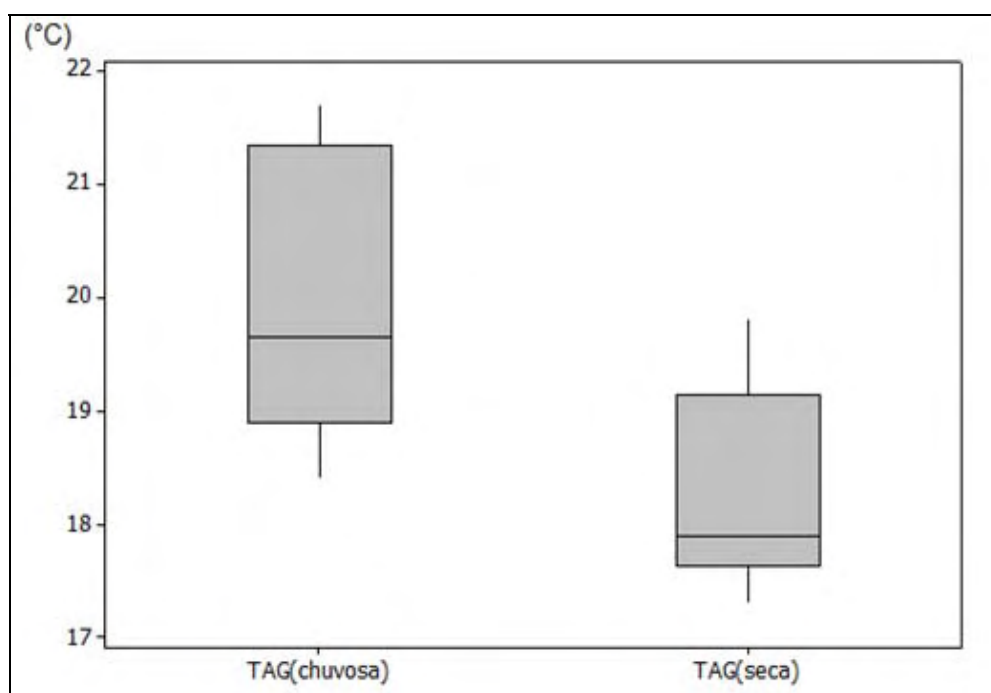


Figura 9. Temperatura da água segundo a estação chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

6.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Considerando o pH das análises realizadas (Tabela 10), média e desvio-padrão referentes às variáveis segundo ponto de amostragem para a estação chuvosa (Tabela 11) segundo a estação de seca, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Em todos os pontos de coletas das amostras da Tabela 12, verifica-se a predominância de pH ácido para o período de chuva e pH básico para o período de seca, exceto no mês de Março o pH 7,01 no ponto P4 e no mês de Setembro nos pontos P3 o pH de 6,79 e P4 o pH de 6,99, apresentam alterações do pH contrários às tendências, devido as descargas de efluente de esgoto doméstico clandestino, observados nos aspectos turvos na tabela 5.

Nas condições de qualidade consideradas pela Resolução CONAMA 357, determina pH de 6,0 a 9,0 para as águas doces de classe de 1 a 4 (BRASIL, 2005a).

Tabela 12. Potencial hidrogeniônico (pH) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	6,47	6,67	6,46	7,39	7,38	7,62
P2	6,01	5,66	6,54	7,13	7,14	7,08
P3	5,76	6,27	6,10	7,18	7,02	6,79
P4	5,77	6,78	7,01	7,09	7,36	6,99

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro de controle nos processos físico-químicos de tratamento de esgotos e efluentes industriais, descritos como reações dependentes por Cetesb (2012): a precipitação química de metais tóxicos ocorre em pH elevado; a oxidação química de cianeto ocorre em pH elevado, à redução do cromo hexavalente à forma trivalente ocorre em pH baixo; a oxidação química de fenóis em pH baixo; a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação.

Conte e Leopoldo (2001) relatam que em pontos de coletas estudados no Rio Pardo, onde o pH apresentou valores mais baixos, atribuíram a características físico-químicas do solo, visto que, em geral, os solos da região são ácidos.

Marques et al. (2007), observaram a diminuição do pH e a presença de defensivos nas amostras de água de escoamento superficial, nos períodos chuvosos em que a pluviosidade foi superior a 300 mm demonstrando o efeito da lixiviação de defensivos agrícolas na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira, SP.

Na Figura 10 verifica-se a predominância do pH ácido na estação chuvosa e básico da estação de seca, em função de altos índices pluviométricos na estação chuvosa e baixos na estação de seca, contribuindo para diluição e concentração de sais, carga orgânica provenientes de fontes poluidoras e lixiviação do solo.

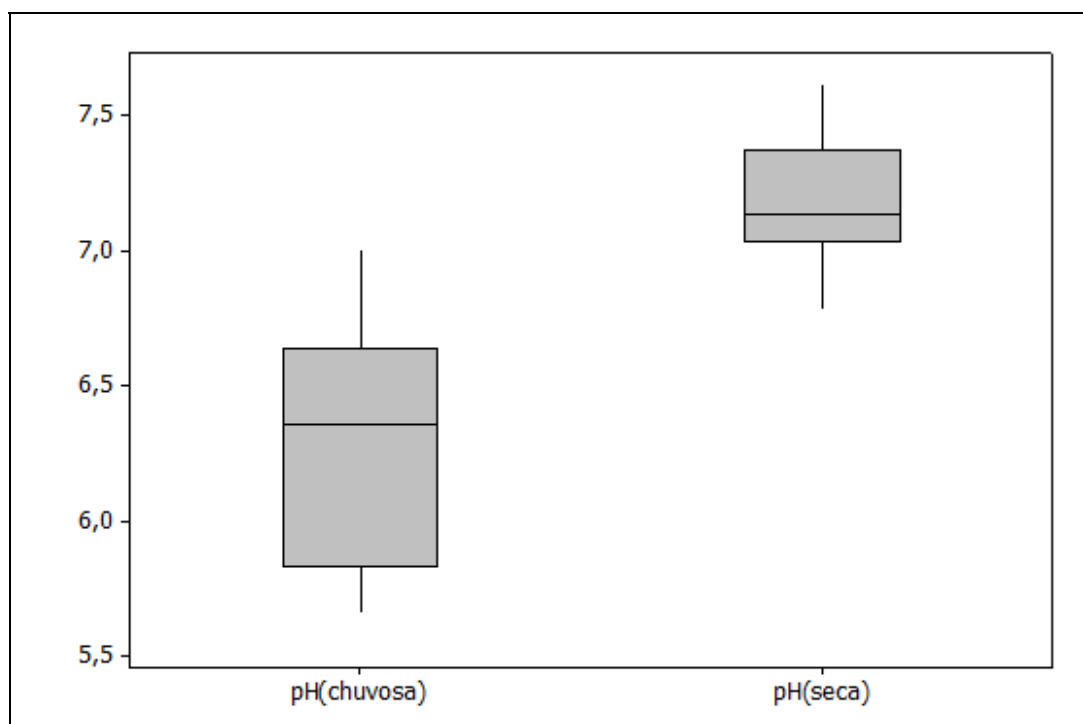


Figura 10. pH segundo estação chuvosa e seca

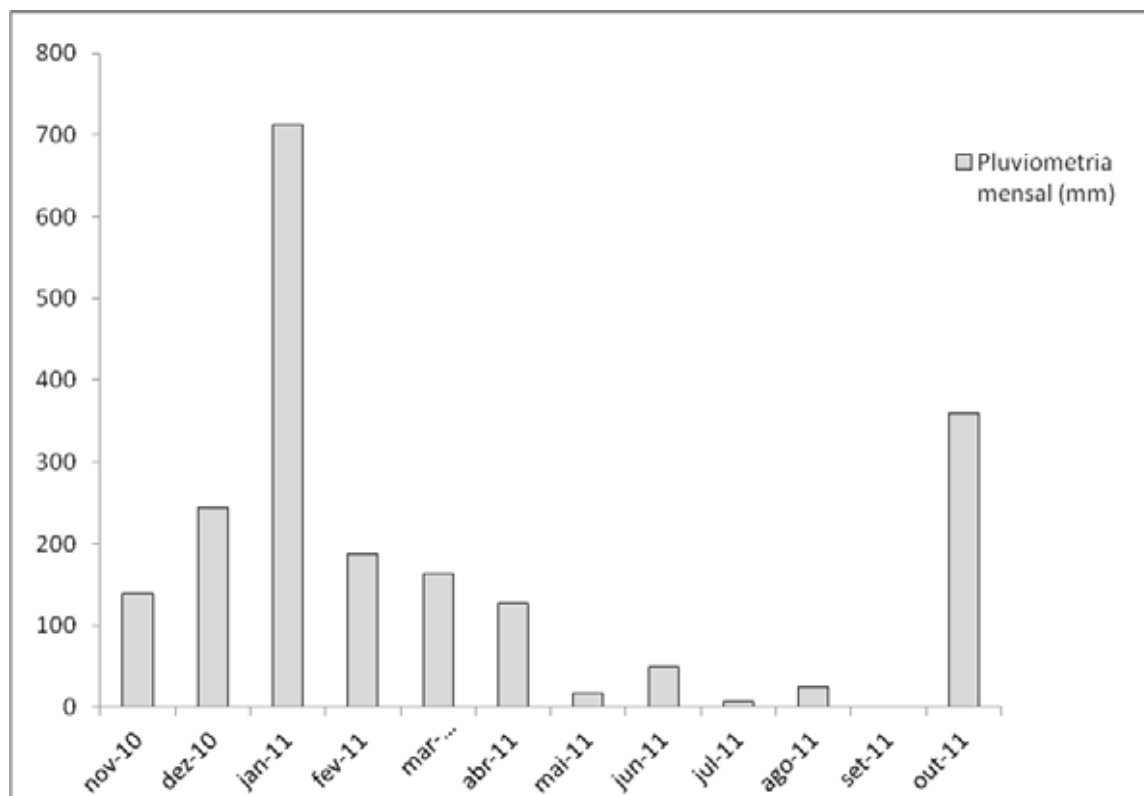


Figura 11. Totais dos índices pluviométricos mensais de Nov. 2010 a Out. 2011.

6.4 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica indica a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica dependendo das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na água. Representa uma medida indireta da concentração de poluentes, em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2012).

Na estação chuvosa há aumento dos valores da condutividade elétrica em relação à estação de seca, indicando maior concentração de poluentes nesta estação (Figura 12).

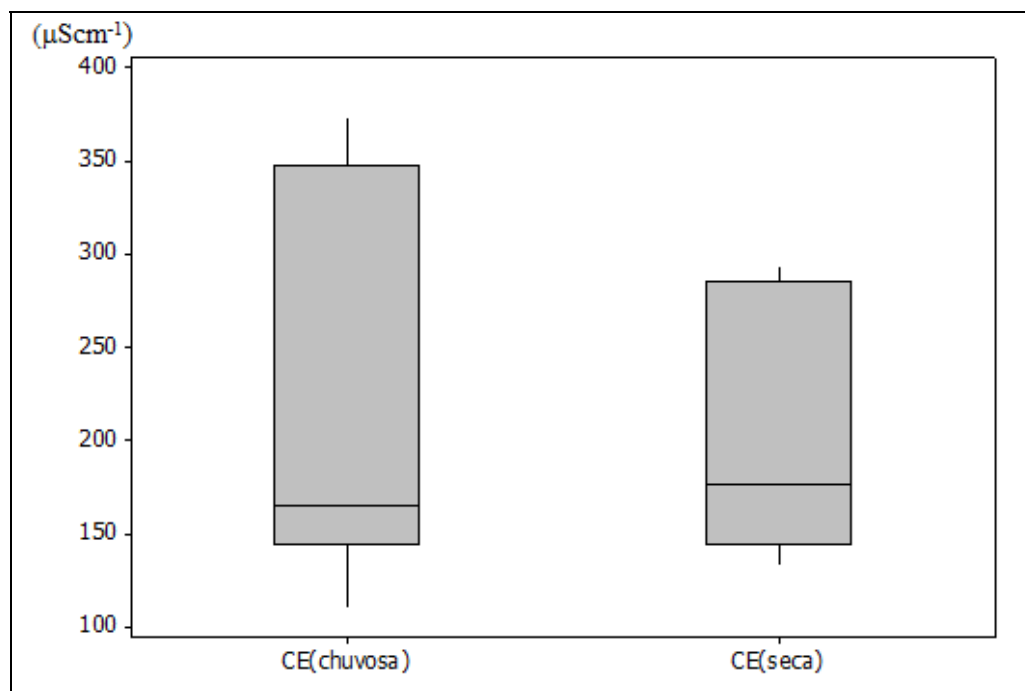


Figura 12. Condutividade elétrica segundo a estação

Zuccari (1992) citado por Conte e Leopoldo (2001), analisou a CE no ponto de maior carga poluidora do Ribeirão Lavapés, encontrando o valor de $700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A variável CE apresentou maior média no ponto 1 ($327,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), menor média no ponto 2 ($159,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), e valores de $216,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no ponto 3 e $209,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no ponto 4 na estação chuvosa (Tabela 10), enquanto que na estação de seca (Tabela 11) mostra que os pontos P1 ($289,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e P4 ($232,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) apresentam valores maiores e, menores nos pontos P2 ($148,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e P3 ($139,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), os quais não diferem estatisticamente entre si.

As Figuras 13 e 14 mostram que tanto nos 10 como nos 20 dias que antecederam as coletas, mesmo na estação de chuvas, os índices pluviométricos não são significativos para produzirem diluição dos sais dissolvidos gerados pela mineralização da matéria orgânica e a radiação solar contribuiu significativamente para a concentração desses sais nos pontos de coletas do mês de novembro de 2010, mostrando que somente no ponto 2 apresenta menor foco de contaminação (Tabela 13).

Tabela 13. Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	373,5	295,9	312,9	289,0	293,7	285,8
P2	170,3	148,6	160,4	154,7	145,3	144,8
P3	365,1	140,1	143,4	143,6	141,1	133,8
P4	360,2	110,4	156,6	284,6	199,8	212,2

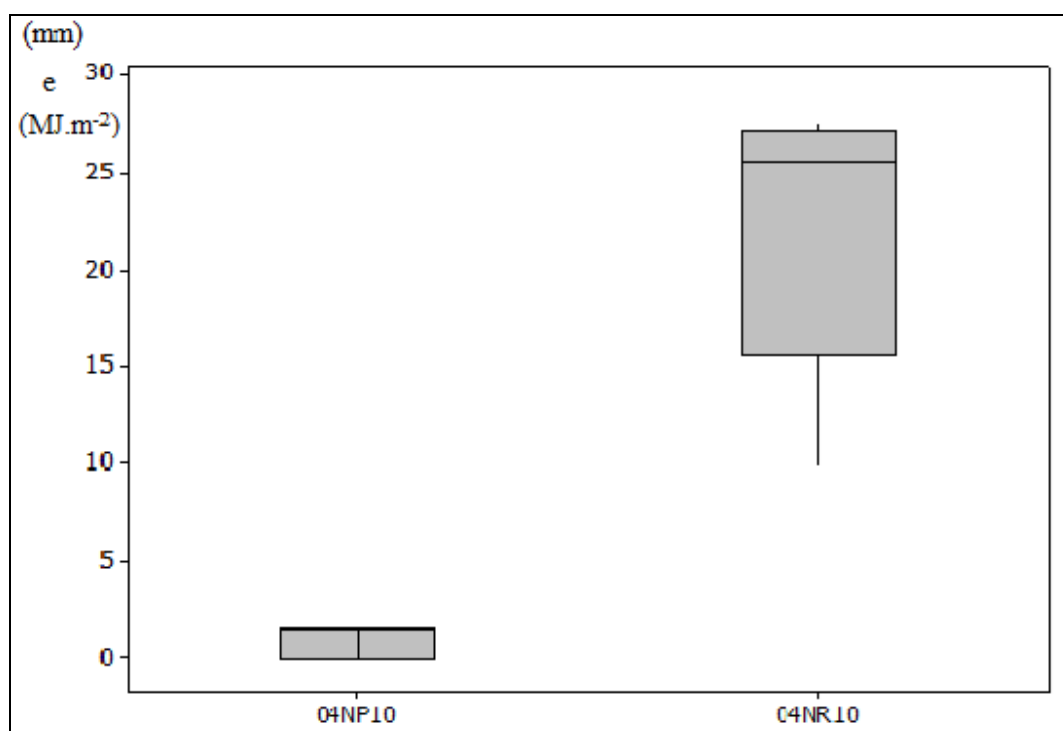


Figura 13. Índices pluviométricos (04NP10) e radiação solar (04NR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 04 de novembro de 2010.

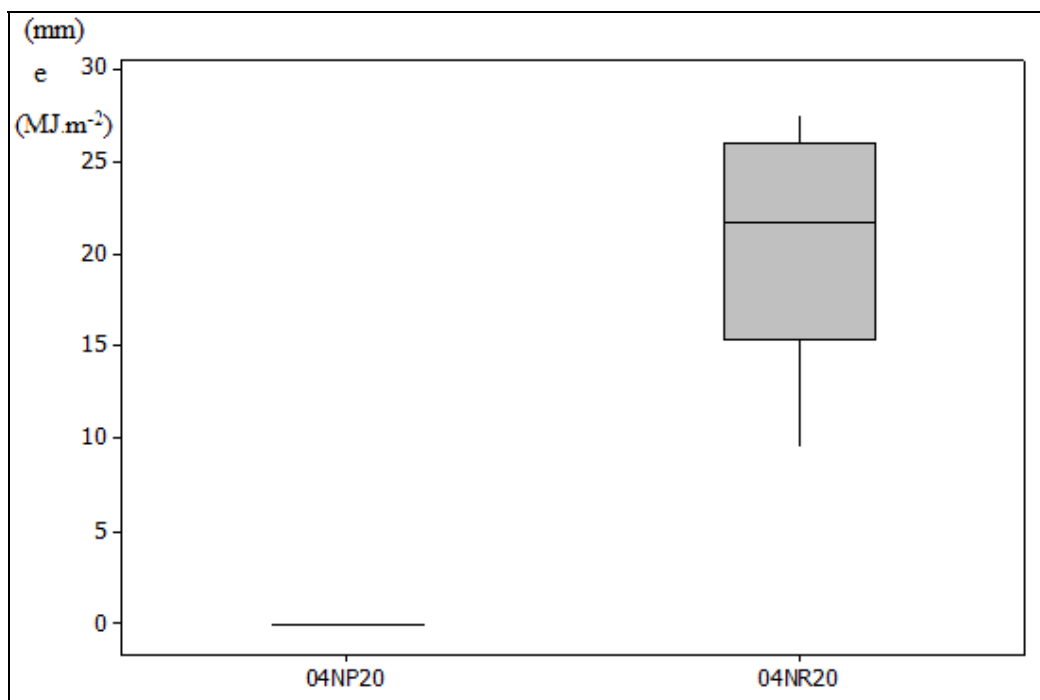


Figura 14. Índices pluviométricos (04NP20) e radiação solar (04NR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 04 de novembro de 2010.

O baixo valor da CE verificado no ponto P4 (Tabela 13) no mês de janeiro de 2011 está relacionado com os índices pluviométricos (Figuras 15 e 16), que mostram que tanto nos 10 e 20 dias que antecederam o dia da coleta das amostras, foram dias chuvosos contribuindo para o efeito de diluição dos sais, com alta radiação solar na estação de verão.

No ponto P1 verifica-se foco de contaminação poluidora devido às altas concentrações de sais verificada em todos os meses de coleta de novembro de 2010 a setembro de 2011. Observam-se diminuições da CE, nos demais pontos à medida que se afastam do ponto 1, exceto no ponto 4 em todos os pontos do período de seca, onde se verifica um aumento da CE em função desse ponto indicar recebimento de esgoto doméstico difuso.

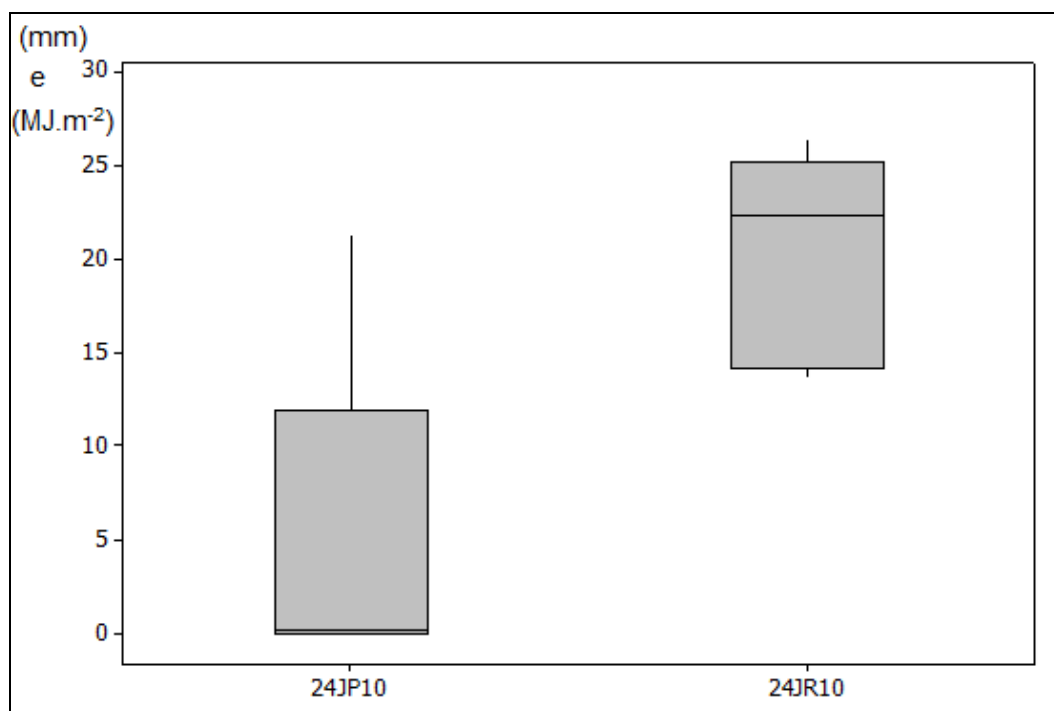


Figura 15. Índices pluviométricos (24JP10) e radiação solar (24JR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 04 de janeiro de 2011.

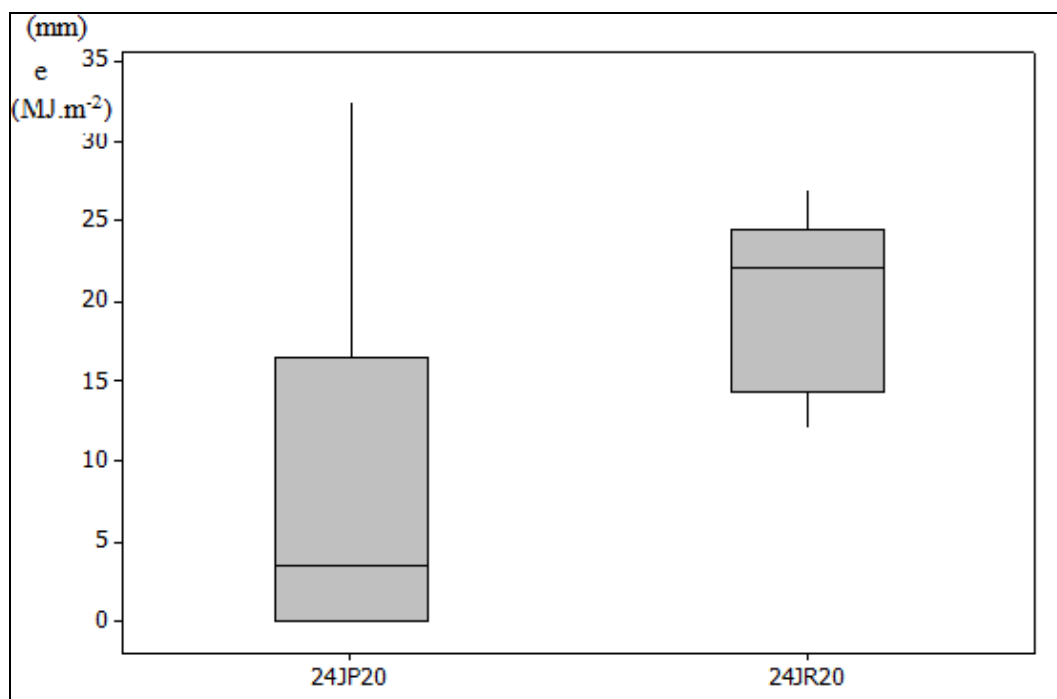


Figura 16. Índices pluviométricos (24JP20) e radiação solar (24JR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 24 de janeiro de 2011.

6.5 Turbidez

Analisando-se os resultados das determinações de turbidez (Tabela 14), os menores valores são do mês de Julho nos pontos P3 1,33 e P4 1,56 UNT, no mês de Setembro nos pontos P1 1,50, P2 1,63 e P3 1,01 UNT, o maior valor de 7,34 no ponto P2 e 9,36 UNT no ponto P4 verificado no mês Maio, os quais produziram os maiores valores médios 3,8 e 4,4 UNT e de dispersão de 3,1 e 4,3 UNT, respectivamente no período de seca (Tabela 11).

A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1 até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), para classes 2 e 3 até 100 UNT e para classe 4 não determina padrão de turbidez (BRASIL, 2005a).

O aumento da turbidez é provocado pela intensidade das chuvas através da erosão das margens dos rios em função do mau uso do solo, como também os esgotos domésticos e efluentes industriais pela formação de lodo, alterando o ecossistema aquático (CETESB, 2012).

Tabela 14. Turbidez da água nos pontos de coleta em (UNT)

Coletas	04/Nov/2012	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	2,71	3,19	4,01	4,25	2,31	1,50
P2	2,45	3,07	5,01	7,34	2,47	1,63
P3	3,16	2,54	3,19	3,55	1,33	1,01
P4	2,29	4,17	5,18	9,36	1,56	2,35

Os altos valores verificados nos pontos P2 e P4 no mês de Maio, os quais estão abaixo do padrão da Resolução CONAMA 357, são de origem de esgoto doméstico, não havendo relação com a estação de chuva e seca (Figura 17). A classificação do córrego São Caetano, quanto à turbidez é de classe 1.

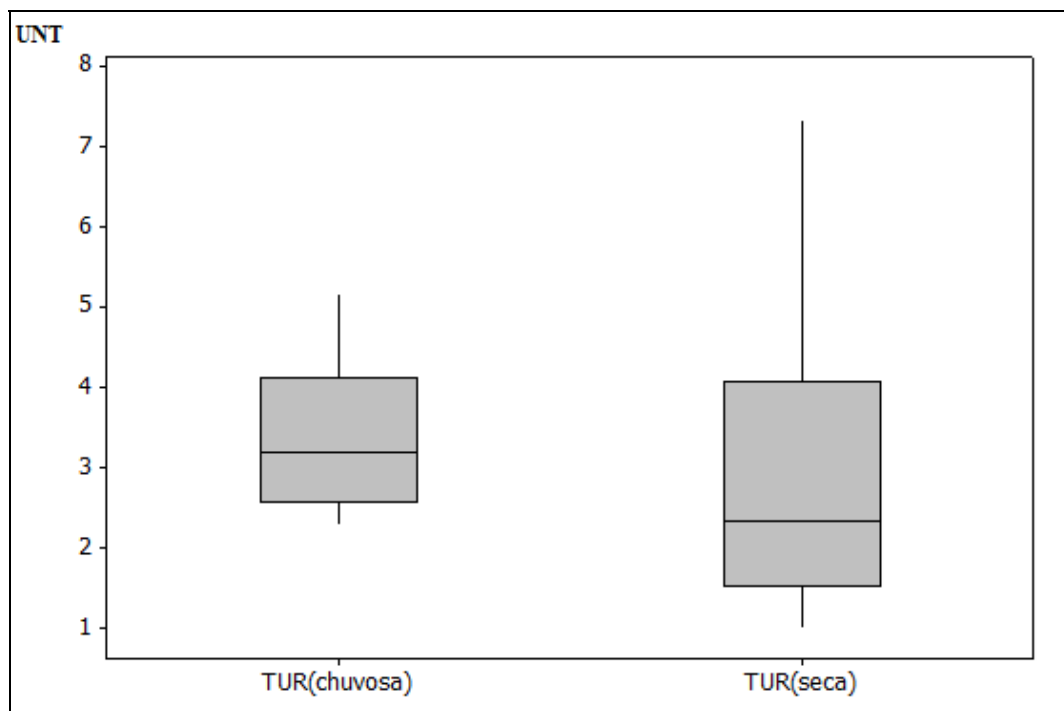


Figura 17. Turbidez segundo a estação

Os índices pluviométricos e de radiação solar nos 10 e 20 dias que antecederam as coletas das amostras no mês de março mostram variações pluviométricas máximas entre 11 e 25 mm e máxima radiação solar de 23 MJ.m^{-2} , conforme Figuras 18 e 19, mostrando que não há influência significativa da pluviometria e radiação solar com a turbidez. As Figuras 20 e 21 que mostra que são mínimos os valores pluviométricos e de radiação solar (máximo de 18 MJ.m^{-2}), tanto nos 10 como nos 20 dias que antecederam as coletas das amostras no mês de Maio.

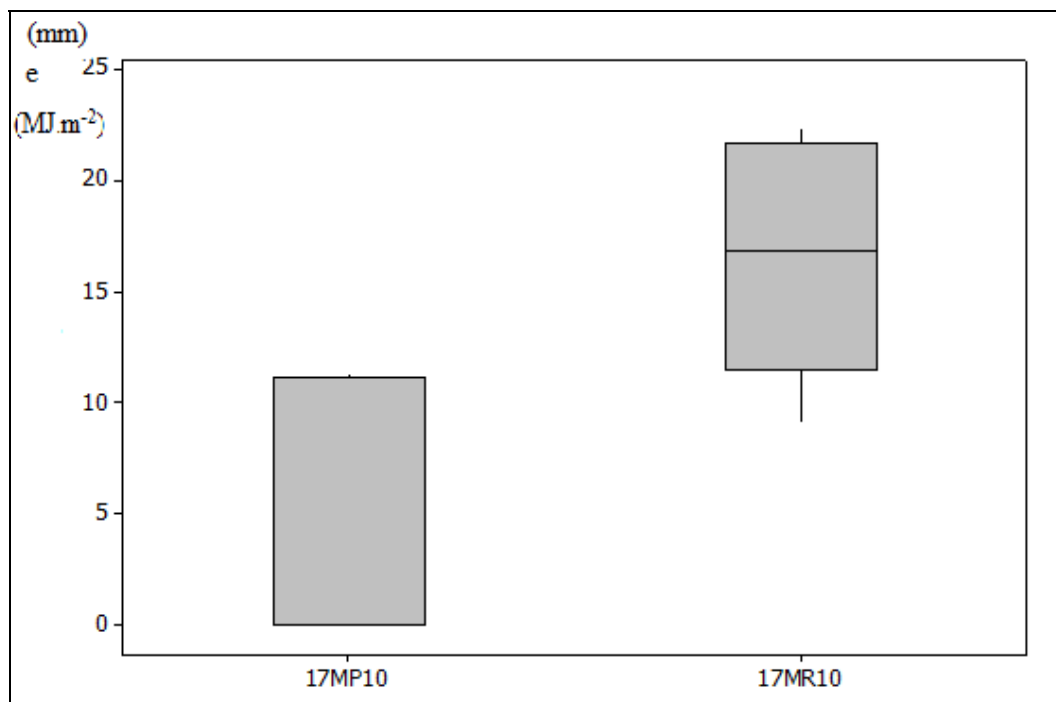


Figura 18. Índices pluviométricos (17MP10) e radiação solar (17MR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 17 de março de 2011.

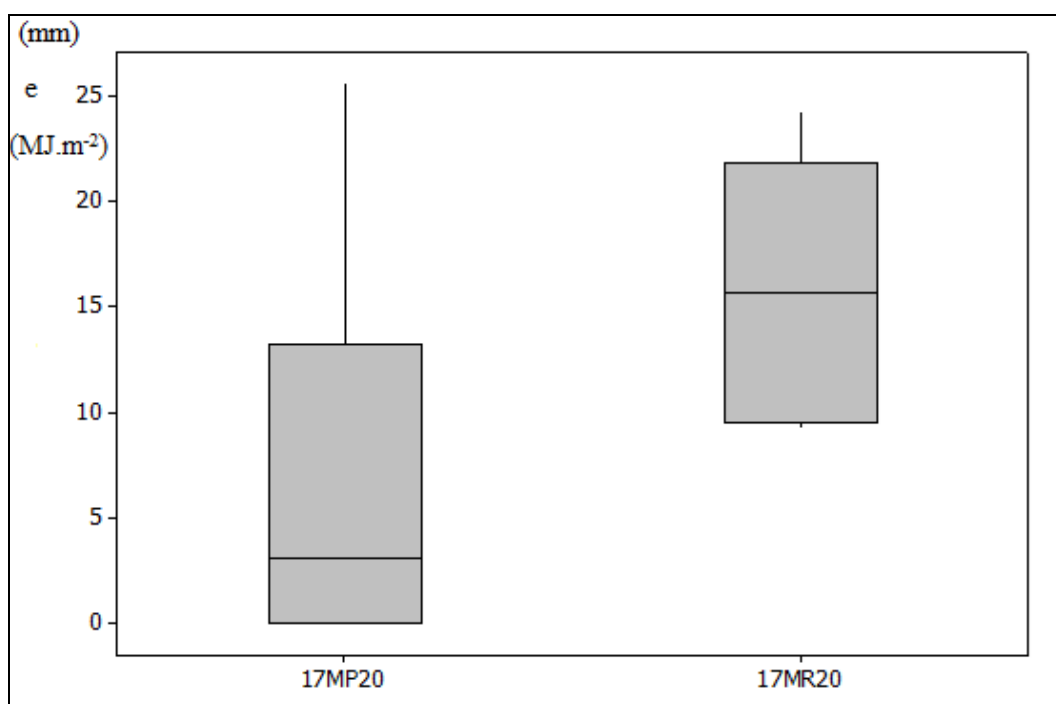


Figura 19. Índices pluviométricos (17MP20) e radiação solar (17MR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 17 de março de 2011.

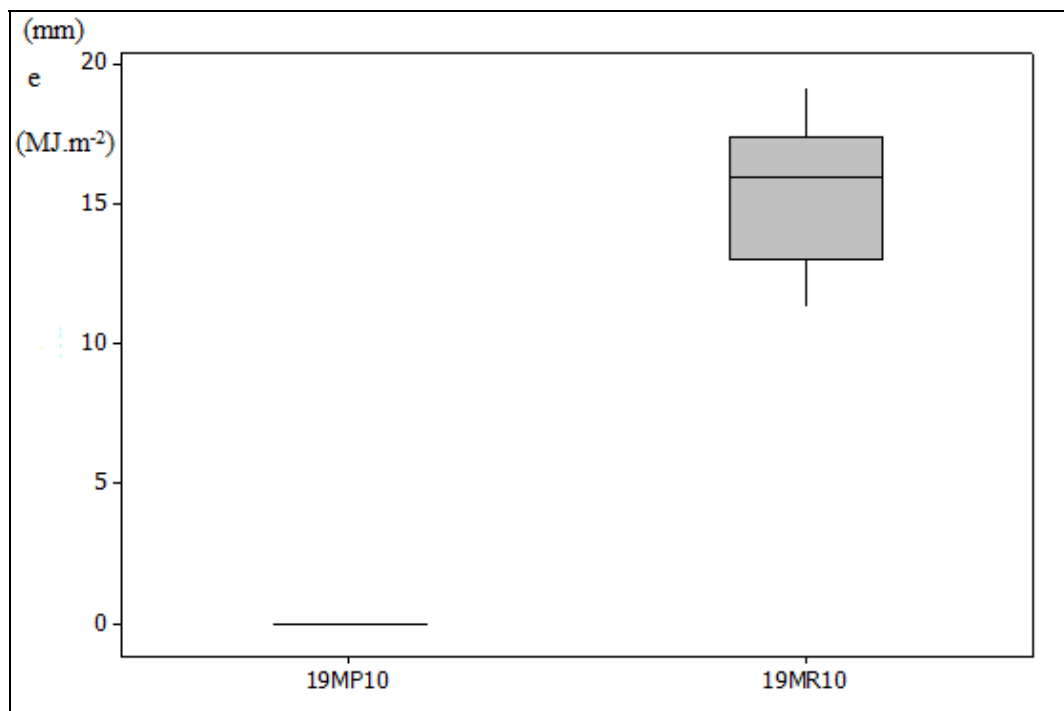


Figura 20. Índices pluviométricos (19MP10) e radiação solar (19MR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 19 de maio de 2011.

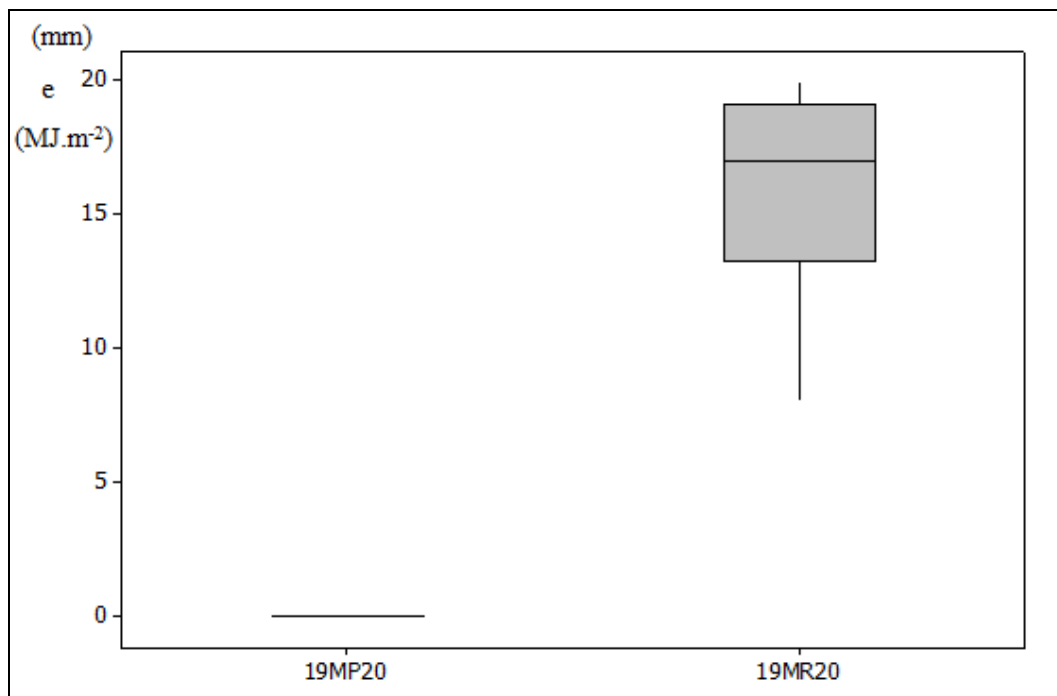


Figura 21. Índices pluviométricos (19MP20) e radiação solar (19MR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 19 de maio de 2011.

6.6. Oxigênio dissolvido (OD)

Os teores médios de OD com valores acima 6 mg.L^{-1} de O_2 , padrão de classe 1, exceto no ponto P2 em Janeiro de 2011 com $4,3476 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , no ponto P4 em Maio, Julho de 2011 com valores de $4,0512$ e $4,15 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , respectivamente e Setembro de 2011 onde foi obtido o menor valor de $1,3833 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , devido a lançamento de esgoto doméstico nesse ponto (Tabela 15). A classificação do córrego São Caetano, quanto ao OD é de classe 3.

A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1 valor não inferior a 6 mg.L^{-1} de O_2 , para classe 2 até 5 mg.L^{-1} , para classe 3 até 4 mg.L^{-1} , e para a classe 4 valor superior a 2 mg.L^{-1} de O_2 em qualquer amostra (BRASIL, 2005a).

Segundo Nuvolari (2003) baixas concentrações de OD representam um agente inibidor da biota em ambiente aquático, Chapman e Kimstach (1992) citado por Belluta (2008), informam que concentrações de OD inferiores a 5 mg.L^{-1} podem afetar o ecossistema aquático e teores inferiores a 2 mg.L^{-1} podem levar à morte a maioria dos seres aquáticos.

Tabela 15. Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1} de O_2) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	5,9286	7,4108	7,5096	6,3238	7,6084	7,2131
P2	7,3119	4,3476	6,8179	6,9167	6,6203	7,1143
P3	6,6203	6,7191	7,2131	6,5215	5,1381	6,1262
P4	5,7310	7,7072	6,2250	4,0512	4,1500	1,3833

Verifica-se o maior índice pluviométrico de $712,6 \text{ mm}$ característico do mês de Janeiro na estação chuvosa (Figura 11), devido a maior pluviometria e consequente oxigenação, são maiores os valores de mínimo e de máximo em relação ao período de seca (Figura 22). Nos dez e vinte dias que antecederam as amostragens (Figuras 15 e 16), verifica-se a ocorrência de chuvas que contribuiu para oxigenação da água em todos os pontos, exceto no ponto P2 em Janeiro de 2011 que indica possível ocorrência de

poluição de carga orgânica localizada, diferentemente do ponto P4 que desde Maio de 2011 indica a presença significativa de poluição de esgoto doméstico, atingindo em Setembro de 2011 ao menor índice analisado de $1,3833 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , valor crítico por afetar todo sistema aquático.

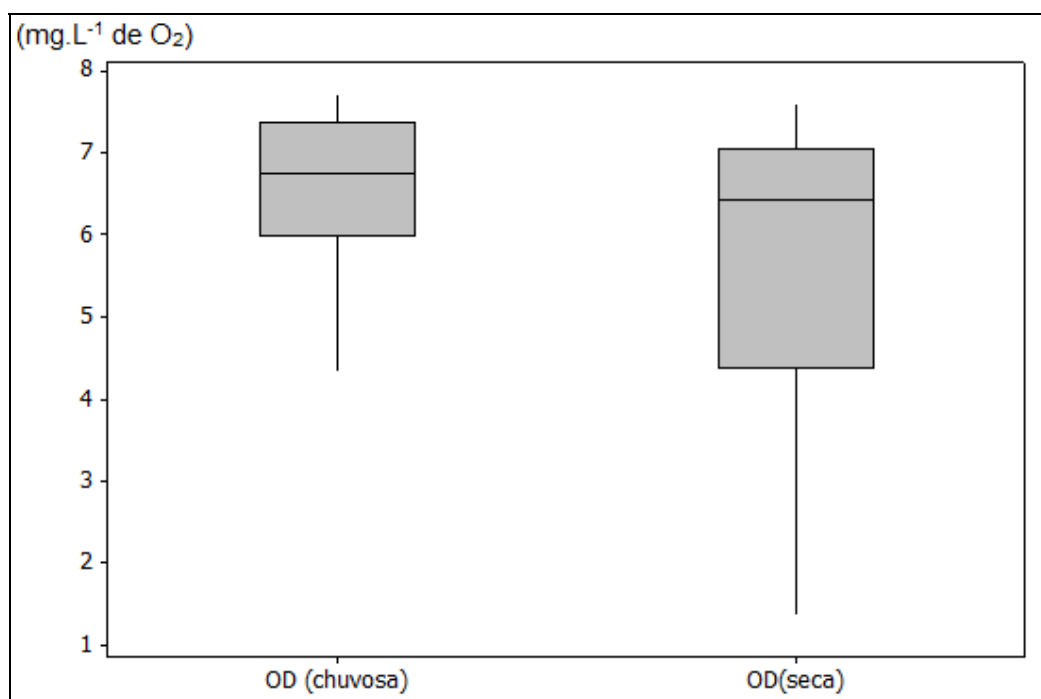


Figura 22. Oxigênio dissolvido nas estações chuvosa e seca

6.7. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os resultados obtidos da DBO (Tabela 16 e Figura 23), apresentam a quantidade de oxigênio que foi necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável, com valores abaixo de 5 mg.L^{-1} de O_2 .

No ponto P4 nos meses de Julho e Setembro de 2011 (Tabelas 15 e 16), foi consumido todo o oxigênio disponível nesses pontos indicando grande atividade microbiana em função da disponibilidade de nutrientes de fonte poluidora. A influência climática verificada (Figuras 24 a 27) no mês de Julho e Setembro de 2011 pela ocorrência

da diminuição da pluviometria e aumento da radiação solar tanto nos 10 como nos 20 dias que antecederam as amostragens, contribuiu com energia para aumento da atividade microbiana.

A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1 valor de até 3 mg.L⁻¹ de O₂, para classe 2 até 5 mg.L⁻¹ e, para classe 3 até 10 mg.L⁻¹ de O₂ (BRASIL, 2005a).

De acordo com Cetesb (2012) aumentos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, induzindo ao esgotamento de oxigênio na água, com consequências letais aos peixes e outras formas de vida aquática.

Tabela 16. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹ de O₂) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	0,5929	2,1738	0,8893	0,1900	0,2964	0,0988
P2	1,6798	2,9643	2,1738	1,3833	0,7905	0,1976
P3	1,5810	3,2070	2,3714	1,1857	0,8893	1,9762
P4	0,3952	1,4822	4,5453	1,2845	4,1500	1,3833

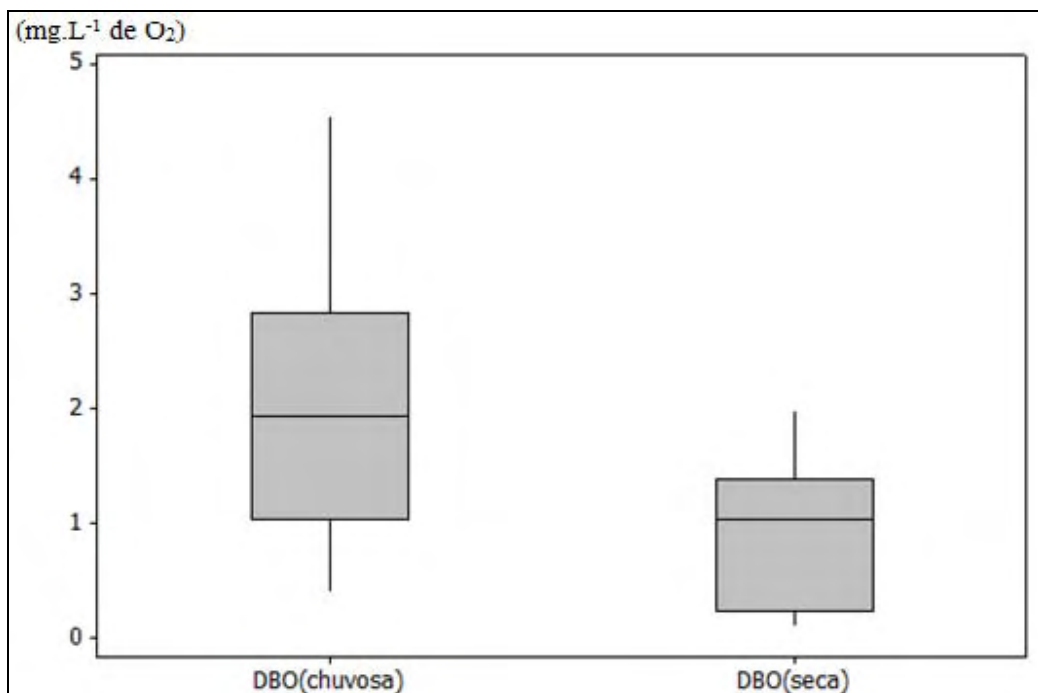


Figura 23. Demanda bioquímica de oxigênio na estação chuvosa e seca

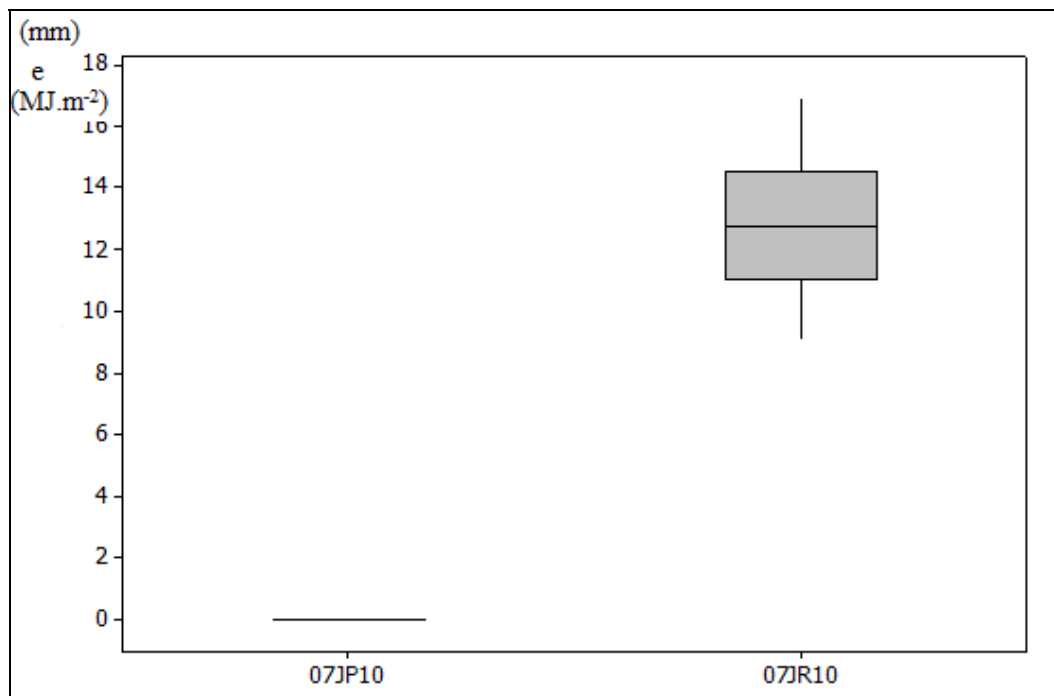


Figura 24. Índices pluviométricos (07JP10) e radiação solar (07JR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 07 de julho de 2011.

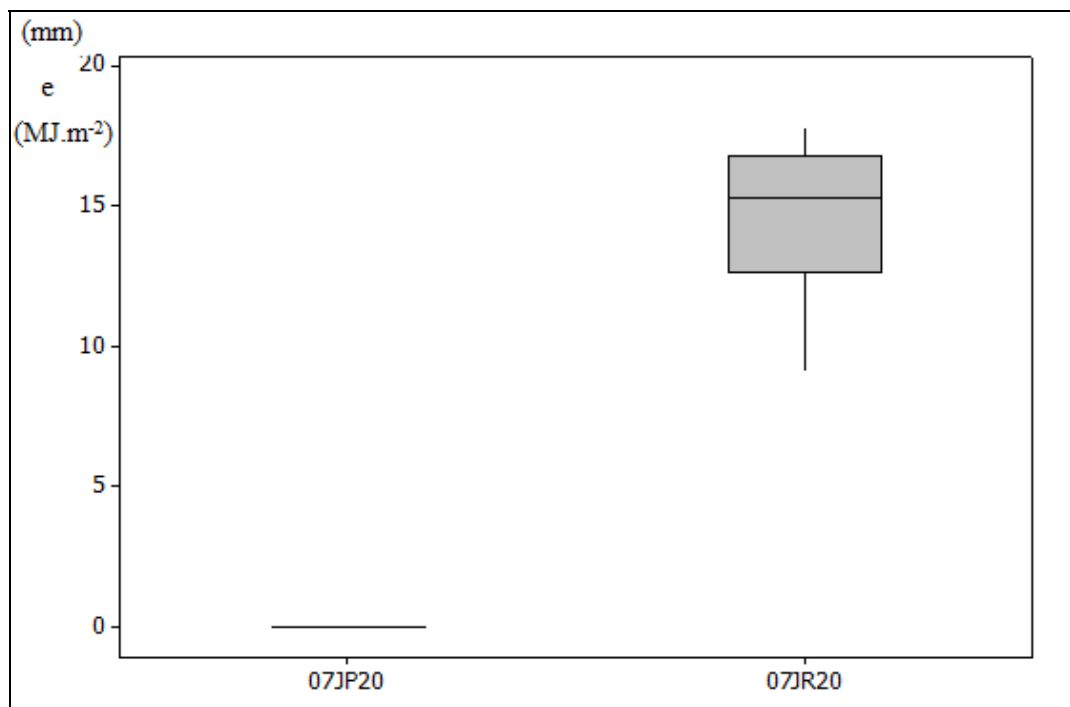


Figura 25. Índices pluviométricos (07JP20) e radiação solar (07JR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 07 de julho de 2011.

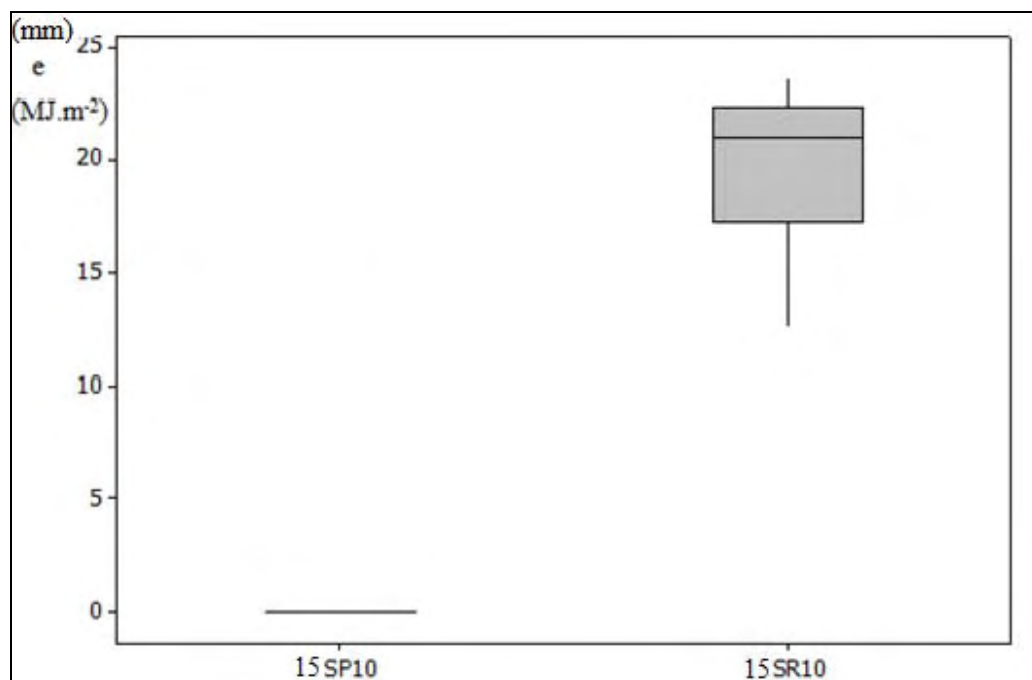


Figura 26. Índices pluviométricos (15SP10) e radiação solar (15SR10) nos 10 dias que antecederam as amostragens de 15 de setembro de 2011.

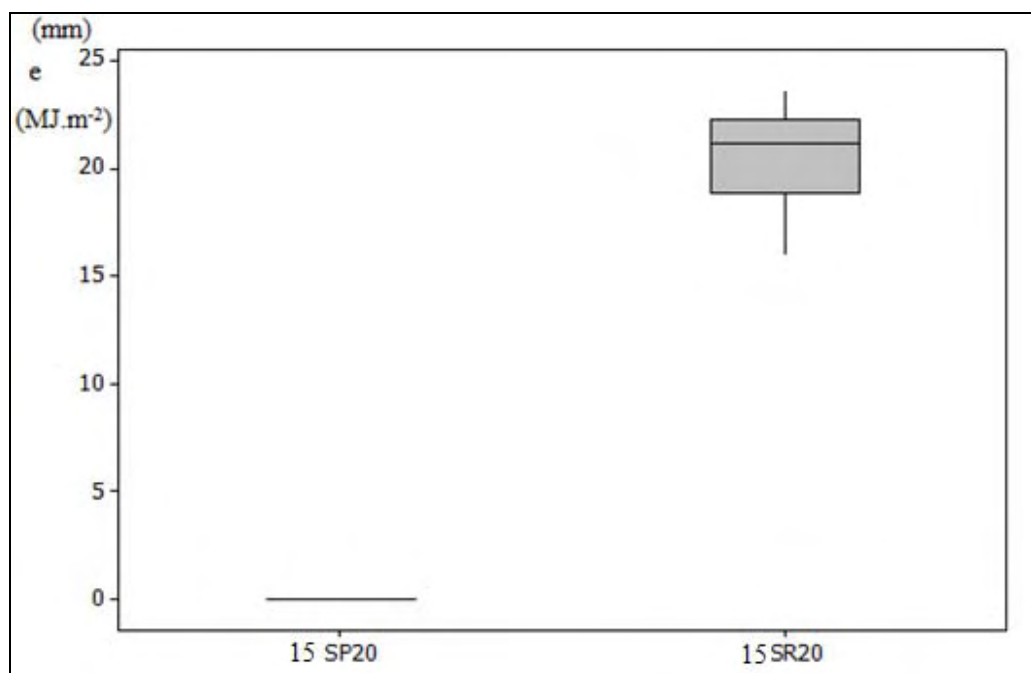


Figura 27. Índices pluviométricos (15SP20) e radiação solar (15SR20) nos 20 dias que antecederam as amostragens de 15 de setembro de 2011.

6.8. Carbono orgânico total (COT)

Analisando-se os resultados das determinações do COT (Tabela 17), observam-se as tendências de maiores valores no período de chuva e menores no período de seca. As médias apresentadas na estação chuvosa e de seca (Tabelas 10 e 11) indicam que no período chuvoso as médias do COT são maiores e, as médias do pH são menores nos mesmos pontos e período, ocorrendo o contrário no período de seca.

Tabela 17. Carbono Orgânico Total (mg.L^{-1} de O_2) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	18,52	20,66	26,97	25,69	21,37	15,87
P2	17,78	15,59	15,33	17,78	12,58	16,06
P3	28,78	17,61	15,49	15,07	11,67	10,62
P4	27,48	15,39	19,56	6,95	10,75	15,59

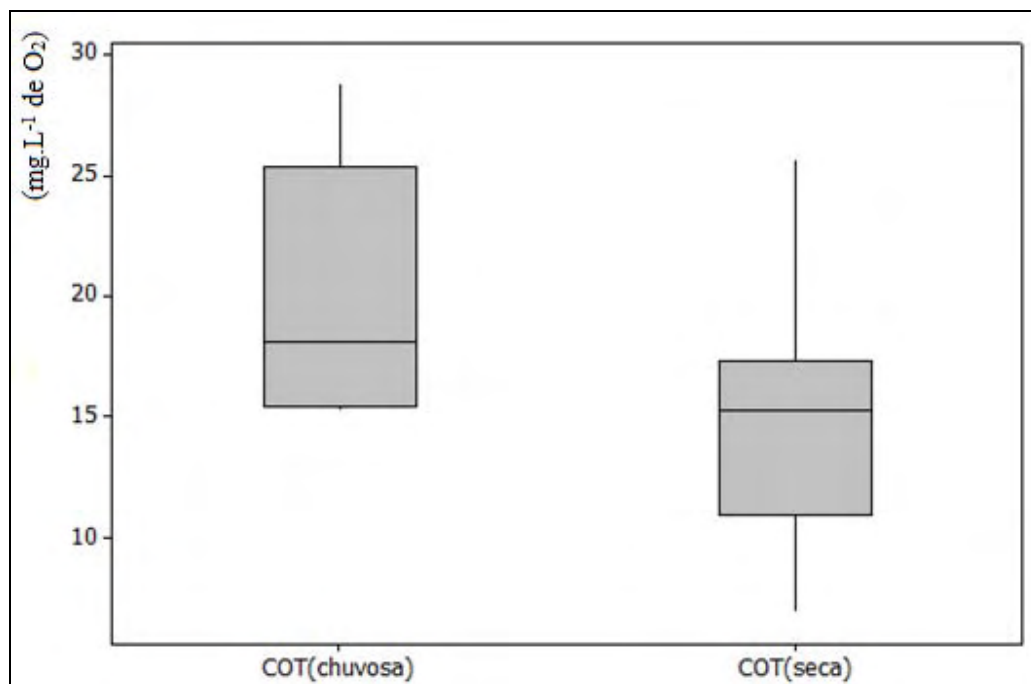


Figura 28. Carbono orgânico total segundo a estação chuvosa e seca

As comparações entre as concentrações médias de COT e pH para as estações chuvosa e seca (Figura 29), verifica-se que os valores do pH na estação chuvosa são menores que 7 e na estação de seca maiores que 7, enquanto que comparativamente em cada ponto de amostragem os valores de COT mostra a tendência de valores maiores na estação chuvosa e menores na estação de seca, provenientes de esgoto sanitário em todos os pontos.

Segundo Nuvolari et al (2003), quanto maior for a carga orgânica, menor será o pH em função dos subprodutos do processo respiratório da degradação microbiana, com liberação do CO₂ que possui elevada solubilidade em água, convertido a ácido carbônico.

Beluta (2008) analisando o COT no córrego dos Cintra em Botucatu, obteve valores entre 7,63 a 115,7 mgO₂.L⁻¹, como também, Souza (2005), em seus estudos realizados nas lagoas de estabilização localizadas a montante do ponto P2, encontrou teores de COT que variaram de 7,3 a 18,9 mgO₂.L⁻¹.

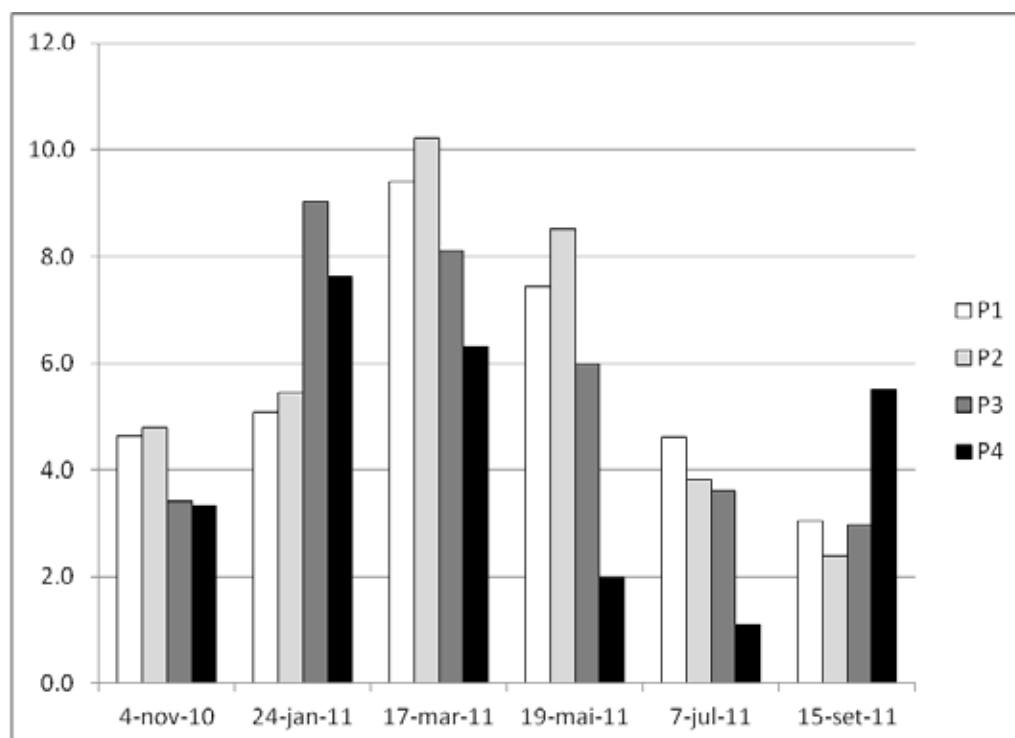


Figura 29. Relações das concentrações médias entre o COT ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$) e pH na estação chuvosa (04/nov. a 17/mar.) e seca (19/mai. a 15 set.).

6.9 Fósforo total (P)

De acordo com Cetesb (2009), as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, devido aos detergentes, fertilizantes e esgotos sanitários, que no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a $10 \text{ mgP}\cdot\text{L}^{-1}$.

Belluta (2008) analisou pontos no córrego dos Cintras no Município de Botucatu e encontrou concentração de fósforo com mínima de $0,052 \text{ mgP}\cdot\text{L}^{-1}$ e máxima de $0,210 \text{ mgP}\cdot\text{L}^{-1}$. Resultados obtidos para o fósforo nas amostras de água, coletadas na Bacia Experimental do Rio Pardo, segundo Conte e Leopoldo (2001) obtiveram valores de $0,35 \text{ mgP}\cdot\text{L}^{-1}$ valor de máximo e de $0,05 \text{ mgP}\cdot\text{L}^{-1}$ valor de mínimo.

O padrão de qualidade do fósforo total segundo a Resolução CONAMA 357 para ambientes lênticos e tributários de ambientes intermediários para classe 1 é de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de P e para as classes 2 e 3 é de $0,15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de P (BRASIL, 2005a).

A Figura 30 mostra que não há diferenças significativas dos valores de fósforo total analisados nas estações chuvosa e seca.

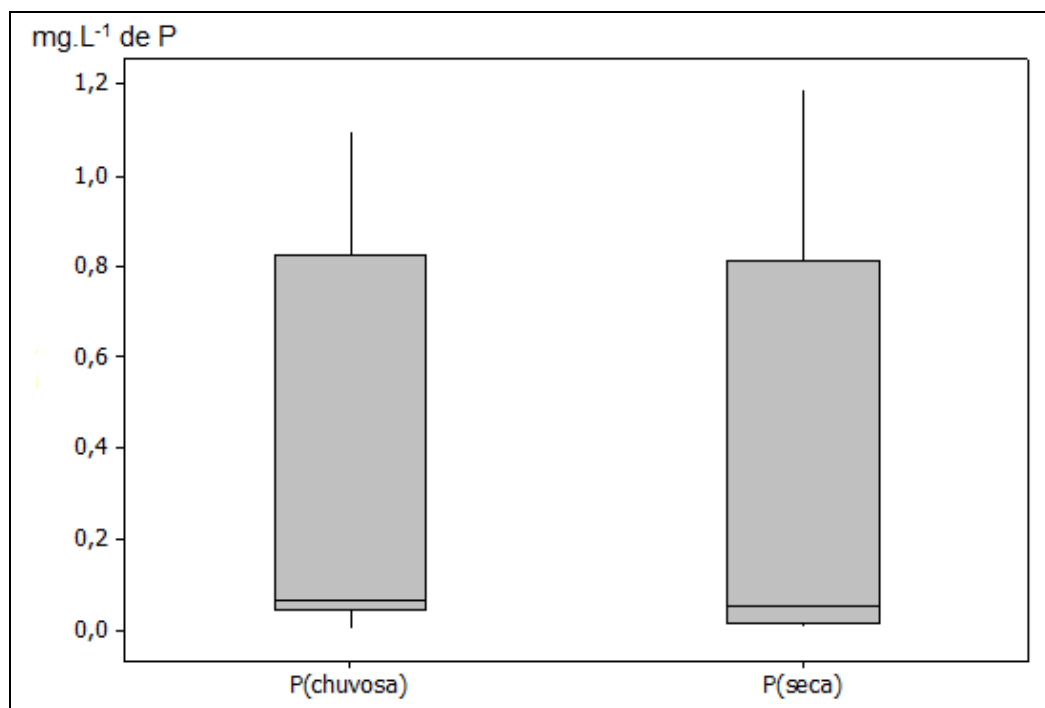


Figura 30. Fósforo total (mg.L^{-1} de P) segundo as estações chuvosa e seca

O ponto P4 apresenta valores de fósforo total maiores que $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos de amostragem (Tabela 18), com o valor de máximo de $1,295 \text{ mg.L}^{-1}$ em Maio de 2011, que nesse mês houve ausência de chuvas nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens, conforme Figuras 20 e 21, concentrando as descargas de esgotos doméstico não tratados nesse ponto.

Tabela 18. Fósforo total (mg.L^{-1}) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	0,139	0,151	0,140	0,050	0,030	0,078
P2	0,295	0,113	0,026	0,026	0,020	0,290
P3	0,104	0,146	0,012	0,055	0,017	0,141
P4	0,247	0,277	0,358	1,295	0,3875	0,190

Há diferenças significativas nos pontos P1 a P3 em relação ao ponto P4 na estação chuvosa e diferenças significativas nos pontos P1 e P4 na estação seca conforme (Tabelas 19 e 20), confirmando a existência de esgoto doméstico nesses pontos.

Tabela 19. Fósforo total para as variáveis segundo os pontos de coleta na estação chuvosa

Variável	Ponto				Valor de p
	P1	P2	P3	P4	
P	0,04[0,04;0,05]b	0,35[0,15;0,76]ab	0,03[0,01;0,04]b	0,85[0,78;1,04]a	0,03

Letras minúsculas comparam pontos para a variável P. Mediana, 1^o e 3^o quartil, entre colchetes em mg.L⁻¹

Tabela 20. Fósforo total para as variáveis segundo os pontos de coleta na estação seca

Variável	Ponto				Valor de p
	P1	P2	P3	P4	
P	0,01[0,01;0,02]b	0,08[0,06;0,69]ab	0,02[0,01;0,04]ab	1,19[0,73;3,27]a	0,03

Letras minúsculas comparam pontos para a variável P. Mediana, 1^o e 3^o quartil, entre colchetes em mg.L⁻¹

6.10 Nitrogênio total (NT)

As concentrações de nitrogênio obtidas em Novembro de 2010 nos pontos P3 e P4, como também em Julho de 2011 no ponto P4 (Tabela 21), são de origem de esgoto não tratado nesses pontos, concentradas pela ausência de chuvas nestes períodos conforme observados pelas Figuras 13, 14, 24 e 25. As concentrações de nitrogênio são menores no período chuvoso do que no período de seca (Figura 31), em função das diluições provocadas pela pluviometria nestas estações.

Tabela 21. Tabela. Nitrogênio Total (mg.L⁻¹) da água nos pontos de coleta

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	3,99	4,07	2,87	3,45	4,63	5,20
P2	3,71	2,86	1,50	2,09	3,30	6,73
P3	8,43	1,95	1,91	2,52	3,23	3,57
P4	8,25	2,02	3,10	3,49	9,78	2,84

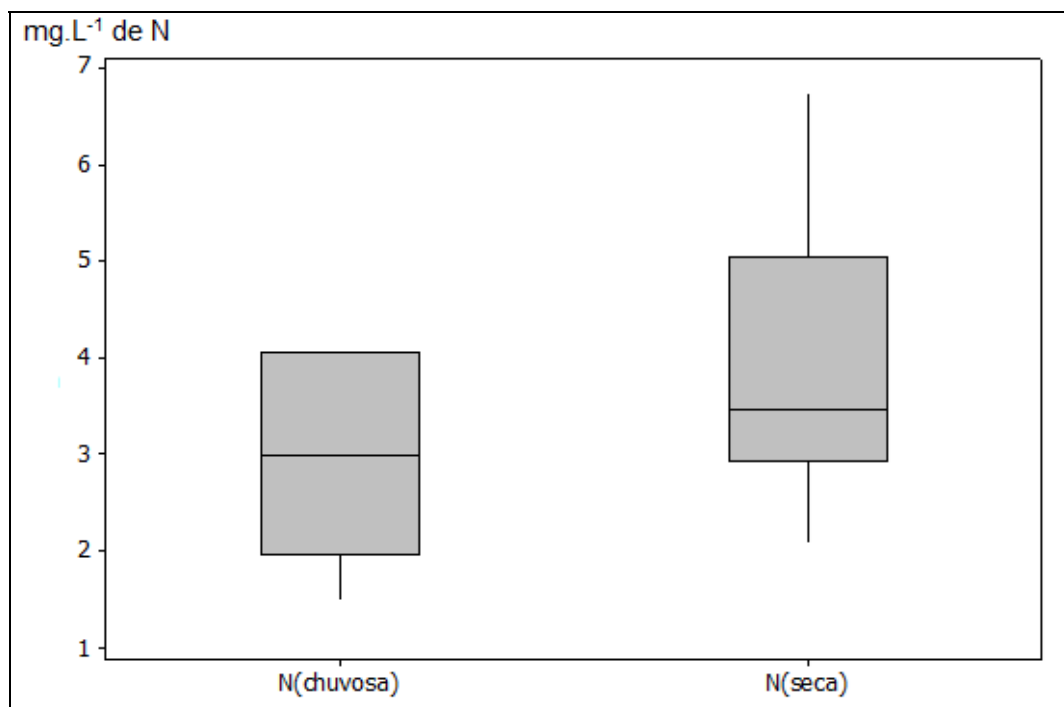


Figura 31. Nitrogênio total (mg.L^{-1} de N) segundo as estações chuvosa e seca

O padrão de qualidade do nitrogênio total segundo a Resolução CONAMA 357 para ambientes lênticos e tributários de ambientes intermediários para as classes, são atribuídos valores em função do pH.

Os valores de pH analisados em todos os pontos de amostragem são menores que 7,5, exceto no ponto P1 em Setembro de 2011 onde se verifica o valor de 7,62 (Tabela 12). A resolução CONAMA 357 determina $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$, valor de $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ para classe 1, e para as classes 2 e 3 valores de $13,3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$ e $5,6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ (BRASIL, 2005a).

Obtido valor máximo de $9,78 \text{ mg.L}^{-1}$ de N durante todas as análises, classifica o córrego São Caetano nas classes 2 e 3 para o parâmetro Nitrogênio total.

De acordo com Conte e Leopoldo (2001), obtiveram resultados nas análises de nitrogênio na Bacia Experimental do Rio Pardo, foi em média de $9,6 \text{ mgN.L}^{-1}$, cuja presença é atribuída ao uso de fertilizantes nitrogenados utilizado por manejo inadequado do solo, juntamente com irrigação e adubações no cultivo de hortaliças e outros tipos de culturas anuais.

6.11 Relações entre carbono e nitrogênio

As relações entre as concentrações de carbono e nitrogênio obtidas durante os períodos de chuva e seca (Figuras 32 e 33) verifica-se, que as concentrações de carbono são mais elevadas no período de chuva que no período de seca. A maior relação de 10,2 no ponto P2 no mês de Março de 2011 com 15,33 mg.L⁻¹ de carbono (Tabela 17), para 1,5 mg.L⁻¹ de nitrogênio (Tabela 19). A menor relação de 1,1 no ponto P4 no mês de Julho de 2011 com 10,75 mg.L⁻¹ de carbono, (Tabela 17), para 9,78 mg.L⁻¹ de nitrogênio (Tabela 19).

Nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens do mês de março de 2011 (Figuras 18 e 19), observa-se a ocorrência de chuvas e sol nesse período, diluindo a carga orgânica recebida e favorecendo a atividade dos microrganismos. Verifica-se também, a concentração da carga orgânica em função ausência de chuvas nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens no mês de julho de 2011 (Figuras 24 e 25).

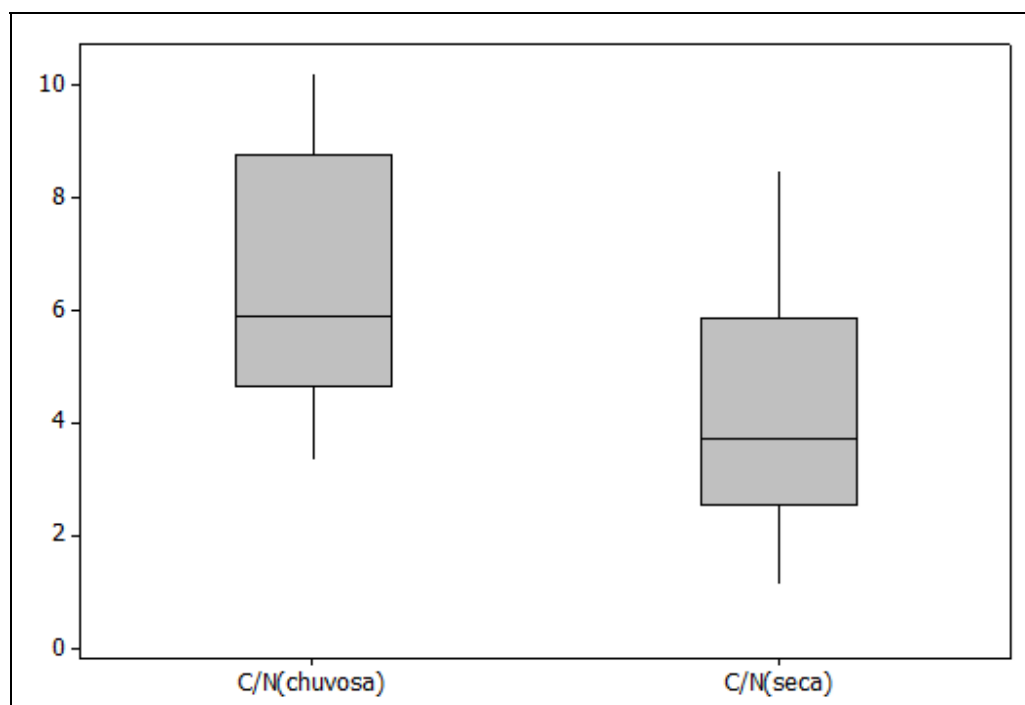


Figura 32. Relação carbono nitrogênio segundo as estações chuvosa e seca

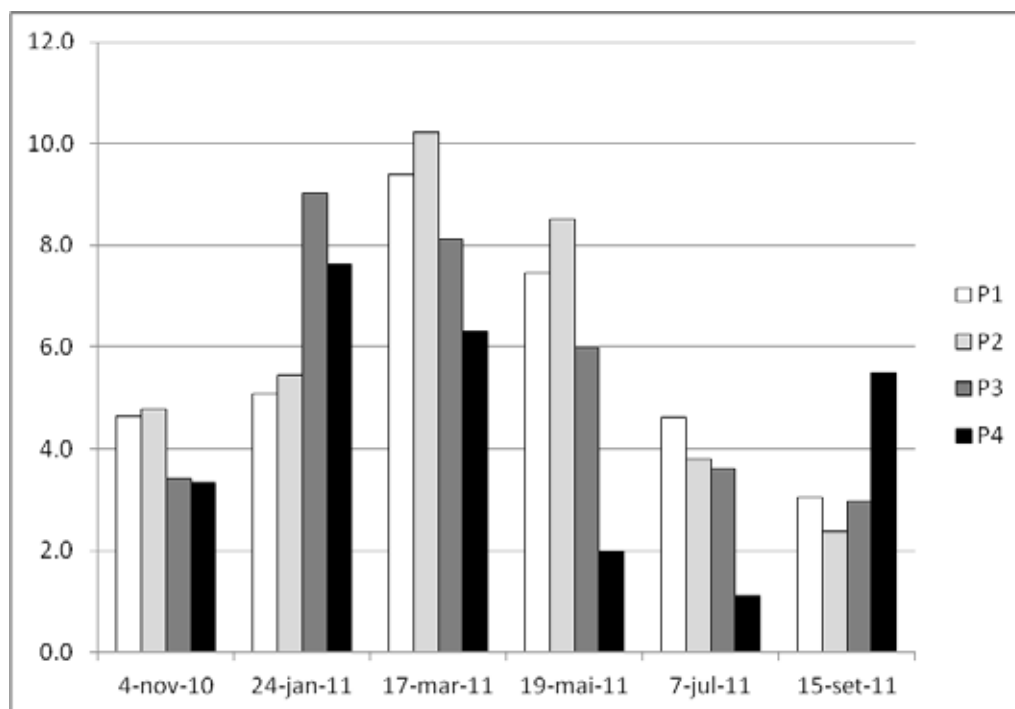


Figura 33. Relação (C/N) dos pontos de amostragem nas estações chuvosa e seca

6.12 Coliformes totais na água e sedimentos

Nos resultados obtidos (Tabela 22), verifica-se que de todos os pontos amostrados, obteve-se valor de máximo de 460 (NMP 100mL⁻¹) de coliformes totais no mês de Novembro no ponto P1 e P4. Na Figura 34, observa-se que na estação de seca ocorreram condições mais favoráveis para o aumento dos coliformes (Figuras 20 e 21, 24 e 25, 26 e 27), do que na estação chuvosa (Figuras 13 a 16, 18 e 19), onde ocorreu diluição provocada pela pluviometria.

De acordo com as Figuras 13 e 14, nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens de 04/Nov/2010, verifica-se baixa pluviometria, o que explica os altos valores obtidos para o mês de Novembro de 2010.

Tabela 22. Coliformes totais da água nos pontos de coleta (NMP 100mL⁻¹)

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	460	9	9	240	210	210
P2	93	4	7	4	150	93
P3	43	9	43	21	240	240
P4	460	9	21	460	210	460

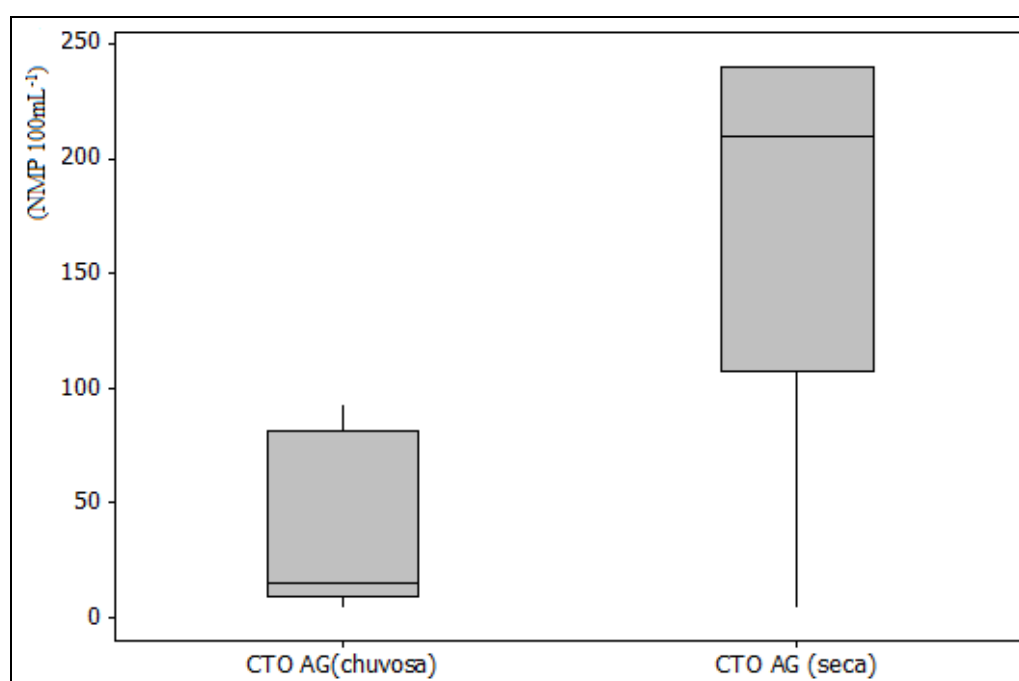


Figura 34. Coliformes totais da água segundo as estações chuvosa e seca

Souza e Nunes (2008), avaliaram a qualidade da água do córrego Figueira na microbacia do Queima-pé-MT, obtendo valor máximo de 1600 (NMP 100mL⁻¹) e valor mínimo de 364 (NMP 100mL⁻¹) para os coliformes totais, valor máximo de 822 (NMP 100mL⁻¹) e valor mínimo de 511 (NMP 100mL⁻¹) para os coliformes fecais ou termotolerantes, atribuindo a altos valores de coliformes totais e termotolerantes encontrados a períodos de elevada precipitação pluviométrica.

Belluta et al (2009) analisou parâmetros microbiológicos de água na nascente o Córrego Cintra em Botucatu-SP, observou focos pontuais de contaminação por coliformes termotolerantes com 2400 (NMP 100mL⁻¹).

De acordo com Brasil (2005a), os coliformes totais por apresentar características anaeróbias facultativas, representantes de um grupo que fermentam a lactose à temperatura de 35°C, mais baixa que as termotolerantes que é de 44,5 a 45,5°C.

A Tabela 23 mostra valores maiores nos meses de Julho e Setembro de 2011 que nos outros meses, onde os microrganismos encontraram condições favoráveis de crescimento pela não diluição, devido à ausência de pluviometria nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens, conforme Figuras 24 a 27.

Tabela 23. Coliformes totais do sedimento nos pontos de coleta (NMP. g⁻¹)

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	460	93	93	240	7,5.10 ³	460
P2	460	23	21	150	460	1,1.10 ⁴
P3	43	75	43	23	4,3.10 ⁴	2,4.10 ³
P4	43	21	931	240	1,1.10 ⁵	1,1.10 ⁶

A Figura 35 mostra que os valores obtidos na estação de seca, representada pela caixa Box plot no 1° e 3° quartil, maior dispersão nos 50% dos dados em relação à estação chuvosa, indicando a influências da pluviometria segundo as estações.

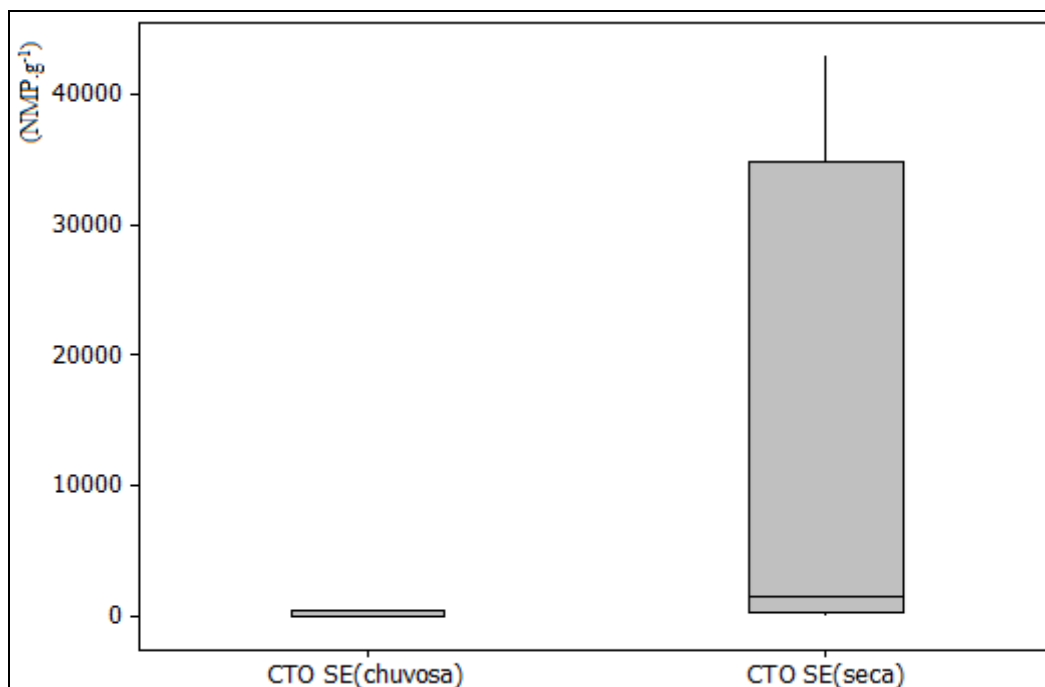


Figura 35. Coliformes totais do sedimento segundo as estações chuvosa e seca

6.13 Coliformes termotolerantes na água e sedimentos

Analisando-se os resultados obtidos (Tabela 24), observa-se conformidade com o padrão de qualidade estabelecido pela resolução CONAMA 357 para classe 1 de 200 coliformes termotolerantes por 100 ml, indicando que no mês de Julho de 2011 nos quatro pontos e em Setembro de 2011 nos pontos P3 e P4 apresentaram maior atividade microbiana na estação de seca.

Tabela 24. Coliformes termotolerantes da água nos pontos de coleta (NMP 100mL⁻¹)

Coletas	04/Nov/10	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	9	<3	<3	4	210	4
P2	4	3	<3	<3	93	<3
P3	3	3	<3	4	21	93
P4	4	3	4	15	93	75

A resolução CONAMA 357 estabelece o padrão de qualidade para coliformes termotolerantes na classe 1: águas destinadas ao abastecimento para consumo após tratamento simplificado, valor que não deverá ser excedido a 200 coliformes (NMP 100mL⁻¹); para classe 2, águas que após tratamento convencional, destinadas também a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, não deverá ser excedido o valor 1000 coliformes (NMP 100mL⁻¹); para classe 3, após tratamento convencional avançado, destinadas a dessedentação de animais e, para demais usos como recreação, irrigação de culturas cerealífera, forrageira determina valor de 1000 e 4000 coliforme (NMP 100mL⁻¹), respectivamente (BRASIL, 2005a).

A Tabela 25, basicamente, mostra o mesmo padrão de atividade dos coliformes termotolerantes tanto na água como no sedimento, que de acordo com BRASIL (2005a) ocorre em densidades elevadas. Observa-se que em Julho de 2011 nos pontos P3 e P4 o valor de 1100 e 36000 (NMP.g⁻¹) respectivamente, devido à descarga de esgoto recebido nesses pontos que estão acima do padrão de qualidade da classe 3 determinado pela resolução CONAMA 357.

Tabela 25. Coliformes termotolerantes do sedimento nos pontos de coleta (NMP.g⁻¹)

Coletas	04/Nov/2010	24/Jan/11	17/Mar/11	19/Mai/11	07/Jul/11	15/Set/11
P1	4	4	23	7	150	43
P2	4	<3	9	4	93	43
P3	<3	7	15	4	1100	43
P4	<3	<3	7	43	36000	230

De acordo com as Figuras 36 e 37 observa-se, segundo as estações chuvosa e seca, maior atividade dos coliformes termotolerantes na estação de seca, tanto para as amostras de água quanto para as de sedimento, devido a influência pluviométrica, como também a presença de carga orgânica de esgoto doméstico nesse período.

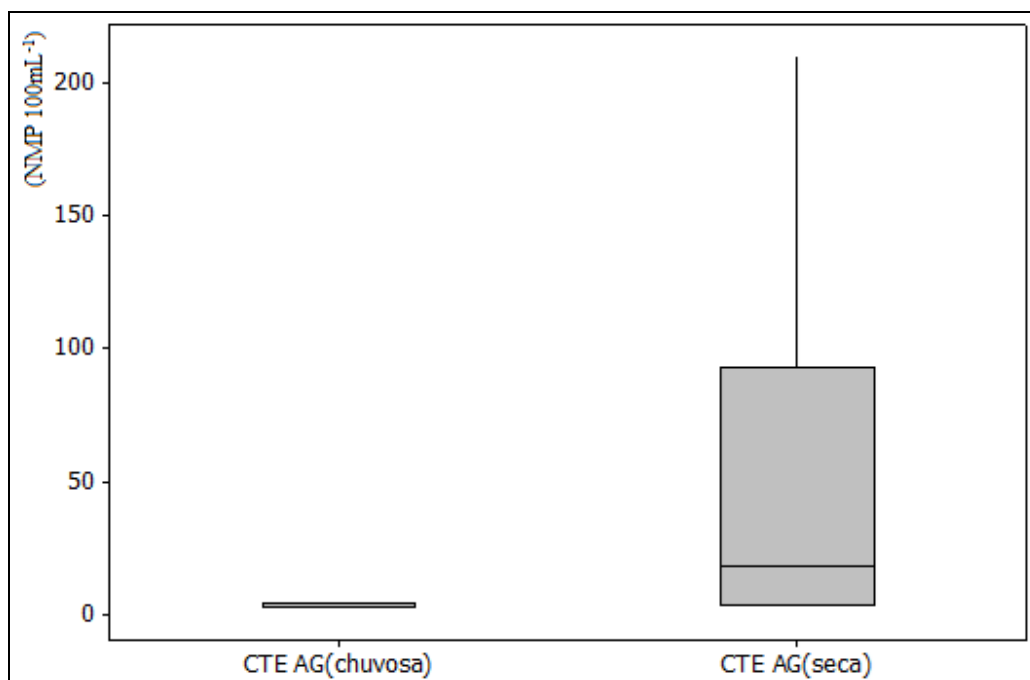


Figura 36. Coliformes termotolerantes da água segundo as estações chuvosa e seca

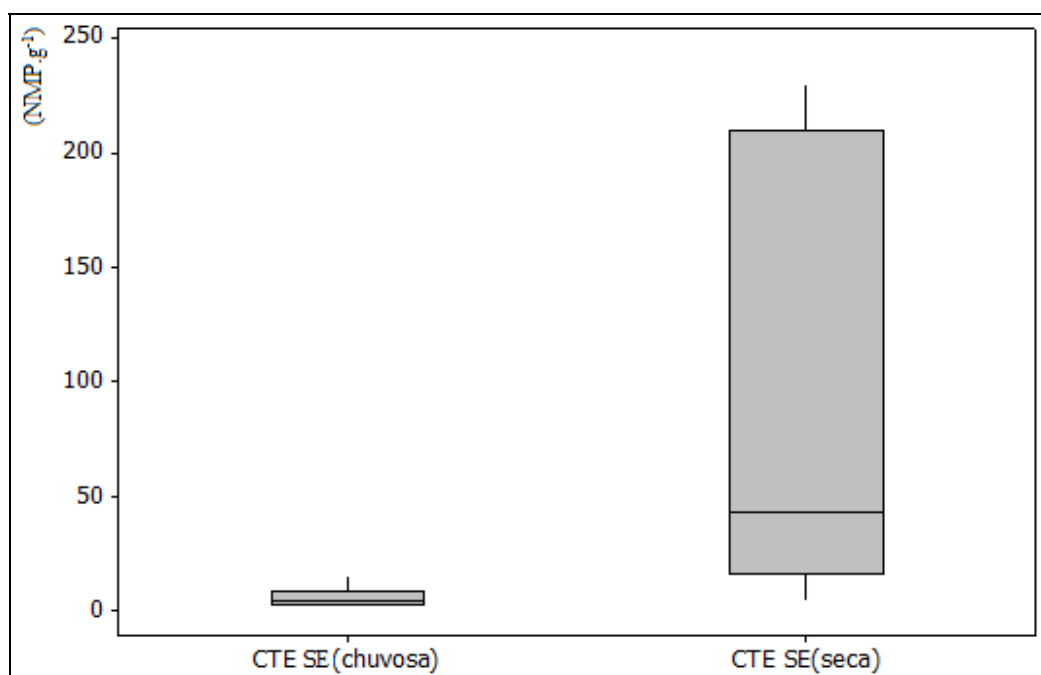


Figura 37. Coliformes termotolerantes do sedimento segundo as estações chuvosa e seca

6.14 Metais pesados

Nas determinações dos teores dos metais: Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), e Mercúrio (Hg), tanto para as amostras de água como para de sedimento, em todos os pontos de coleta da estação chuvosa e seca, os valores obtidos estiveram abaixo do limite de detecção ($4 \mu\text{g.mL}^{-1}$), indicando ausência de efluentes industriais no percurso estudado.

6.15 Índices pluviométricos e radiação solar global

A influência dos índices pluviométricos e radiação solar sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos são observadas através da diluição ou concentração provocada pelas águas das chuvas, nos sais e material orgânico existentes na água do córrego, considerando a análise histórica dos 10 e 20 dias que antecederam o dia das amostragens, em todo o período amostrado. Os índices pluviométricos e radiação solar mensal no período analisado são apresentados no Apêndice I.

Observa-se no mês de Outubro e Novembro de 2010 a manutenção de baixos índices pluviométricos exceto nos dias 23 e 25 de Novembro com 38,5 e 33,3 mm e com níveis médios de radiação solar de $21,3 \text{ MJ.m}^{-2}$.

O mês de Janeiro de 2011 apresenta baixos índices pluviométricos e de radiação solar com céu nublado média de $19,6 \text{ MJ.m}^{-2}$, com exceção do dia 2 de Janeiro de 2011, com alta pluviometria de 243,1 mm.

Pluviometria alternadas, verificada no mês de Março de 2011, com maior índice pluviométrico no dia 11 de 43,1 mm e radiação solar média de $15,5 \text{ MJ.m}^{-2}$.

O mês de Maio de 2011 caracteriza-se por baixa pluviometria, com exceção do dia 1 com 16,5 mm e tempo claro com radiação solar média de $15,9 \text{ MJ.m}^{-2}$.

Variações de radiação solar alternados com tempo claro e nublado, com média de $14,1 \text{ MJ.m}^{-2}$, são observados no mês de Julho de 2011 e, com baixo índice pluviométrico exceto no dia 21 com 6,4 mm.

Verifica-se a ausência de chuvas no mês de Setembro de 2011 e com variações de radiação solar com média de $20,7 \text{ MJ.m}^{-2}$.

7 CONCLUSÃO

A qualidade da água do córrego São Caetano no Município de Botucatu apresenta alterações de origem antrópica, analisadas através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, conclui-se que as avaliações significativas são:

- A relação do aspecto límpido com a percepção odorífica sem odor é igual na maioria dos pontos amostrados, exceto no ponto P4 nos meses de Maio a Setembro de 2011 que são de aspecto turvo e com odor, indicando a presença de esgoto clandestino nesse ponto.

- As temperaturas da água e do ar nos períodos predominantes de chuva e de seca, são coerentes com as estações do ano; primavera e verão com temperaturas maiores e período de chuva, outono e inverno com temperaturas menores e período de seca.

- A predominância do pH ácido com média de 6,3 na estação chuvosa, e básico com média de 7,3 na estação de seca, associadas aos altos índices pluviométricos na estação chuvosa e baixos na estação de seca, contribuiu para diluição e concentração de sais.

- A CE apresentou maior média no ponto P1 ($327,4 \mu\text{S.cm}^{-1}$), indicativo de foco de contaminação poluidora.

- A turbidez apresentou o maior valor de 9,36 UNT no ponto P4 verificado no mês de Maio. Condição de classe 1 pela Resolução CONAMA 357.

- O OD do ponto P4 (Maio a Setembro de 2011) atingiu o menor índice analisado de $1,3833 \text{ mgO}_2.\text{L}^{-1}$, onde foi consumido todo o oxigênio disponível pela DBO_5 , com indicação de poluição de esgoto doméstico crítico com possibilidades de interferir no sistema aquático. Condição de classe 3 pela Resolução CONAMA 357.

- Os valores médios do COT apresentadas na estação chuvosa e de seca indicam que no período chuvoso são maiores e as médias do pH são menores nos mesmos pontos e período, ocorrendo o contrário no período de seca.

- O teor de fósforo no ponto P4 apresentou valor máximo de $1,295 \text{ mg.L}^{-1}$ em Maio de 2011 e de $9,78 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrogênio no mês de Julho de 2011, verifica-se que nesses meses houve ausência de chuvas nos 10 e 20 dias que antecederam as amostragens, concentrando as descargas de esgotos não tratados nesses pontos. Condição de classe 3 pela Resolução CONAMA 357.

- As maiores atividades dos coliformes termotolerantes foram na estação de seca, nas amostras de água e sedimento, por favorecer maior concentração de esgoto doméstico não tratado, indicativo de ambiente impactado.

- Os índices pluviométricos influenciaram nas diluições nos períodos de amostragem assim, como os níveis de radiação solar global como principal fonte de energia incidente nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados.

A qualidade da água do córrego São Caetano apresentou focos de contaminação de poluentes de esgoto doméstico não tratado, no percurso urbano estudado, ocasionando comprometimento da zona rural na utilização da água para culturas e dessedentação animal.

A qualidade da água na região estudada depende de ações, processos de desenvolvimento contínuo, definições de metas, através da gestão Política Estadual e Municipal de Recursos Hídricos, além da participação e cooperação efetiva da comunidade na utilização da rede de esgoto, para recuperação e preservação da água do córrego.

8 REFERÊNCIAS

ANGSTROM, A. Solar and terrestrial radiation. **Quaternaly Journal Royal Meteorology Society**, West Sussex, v. 50, 121-126, 1924.

ARARIBA, I. O.; SOUZA, I. C.; FORTUNA, J. L. Pesquisa de coliformes nas nascentes do córrego charqueada em Teixeira de Freitas, Bahia. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, São Paulo, v. 4, n. 2, ago. 2008. Disponível em: <<http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/140/103>>. Acesso em: 19 jan. 2012.

BARBOSA, D. S. **Análise da interação entre substâncias húmicas e xenobióticas através de estudo ecotoxicológicos**: proposta para geração de tecnologias de detoxificação. 2008. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

BECHARA, E. J. H. Chumbo, intoxicação e violência. **Informativo CRQ-IV**, São Paulo, p. 8-11, jan./fev. 2004.

BELLUTA, I. et al. Estudo dos impactos provocados sobre as nascentes do Córrego do Cintra, Botucatu,-SP e variações na qualidade da água ao longo do percurso. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 11-24, 2009.

BELLUTA, I. **Avaliação dos impactos provocados pela descarga de efluente tratado na microbacia do Cintra, Botucatu-SP**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BERTONI, B. M.; SOUZA, L. F. R.; DAL PAI, A. Estimação de irradiação solar global usando redes neurais artificiais. **Tékhnē & Lógos: Revista da Faculdade de Tecnologia de Botucatu**, v. 2, n. 3, p. 1 - 3, 2011. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/12>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. O controle da poluição. In: CETESB. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, 2003. p. 1-106.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providencias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, Seção 1, p. 58-63, 18 mar. 2005a.

BRASIL. Decreto de 22 de março de 2005, recomendação por meio da Moção CNRH N° 31. Década brasileira da água. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 61, Seção 1, p. 268, 31 mar. 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS nº 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria **Oficial da União**, Brasília, DF, n. 59, Seção1, p. 266-270, 26 mar. 2004.

CAMPOS, K. E. **Influência do oxiclóreto de cobre no sistema antioxidante de *Allium cepa* (cebola) e seu efeito no estresse oxidativo em ratos Wistar**. 2001. 36 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas)-Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CASTRO, S. M. P. **Caracterização qualitativa das águas das cachoeiras Marta, Canela e Véu de Noiva, situadas no Município de Botucatu-SP**. 2003. 71 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas)-Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Meio ambiente: significado ecológico ambiental**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/66-meio-ambiente>>. Acesso em: 26 jan. 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Legislação**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81aguas superficiais/110-Legisla%C3%A7%C3%A3o](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81aguas%20superficiais/110-Legisla%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 13 abr. 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas interiores**: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009. Série Relatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/66-meio-ambiente>>. Acesso em: 16 abr. 2012

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos**: Rio Pardo, um exemplo. São Paulo: Ed. UNESP, 2001. 141 p.

COSTA, R. H. P. G. Qualidade da água. In: TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. p. 25-33.

CRAIG, P. J. (Ed.). **Organometallic compounds in the environment-principles and reactions**. New York: John Wiley, 1986. p. 72.

DAL PAI, A. Contagem de horas de brilho solar para estações primavera e outono por meio de processamento de imagens digitais. **Tékhnē & Lógos**: Revista da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 103-119, 2009.

DUPAS, G. **Meio Ambiente e crescimento econômico**: tensões estruturais. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 298 p.

EMÍDIO, Z. P. O. **Estações do ano**. Bauru: UNESP/Instituto de Pesquisas Meteorológicas, 2010. Disponível em: <<http://www.ipmet.unesp.br/4estacoes/#>>. Acesso em: 16 mar. 2012.

ESCOBEDO, J. F. et al. Radiações global, direta e difusa: I – Evoluções sazonal diária e anual. In: REUNIÓN ARGENTINA, 10.; REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 4., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBA; UFV; CNPMS, 2009. 1 CD-ROM.

FREITAS, T. C. M.; MELNIKOV, P. O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522006000400002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 fev. 2012.

GOLDMAN, H. L.; HARGIS, L. G. Phosphate: containing anions: determination of anion. **Analytical Chemistry**, Washington, DC, v. 41, p. 490, 1969.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. **Methods for physical and chemical analyses of freshwaters**. 3rd. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. 2178 p.

GONÇALVES, C. S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do Arroio Lino Noma Boêmia**. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado Agronomia/ Biodinâmica do solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GREENBERG, A. G.; CLESCERI, L. S; EATON. A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th. ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Work Association; Water Pollution Control Federation, 1995. 3125 p.

HENRY, R. **O diagnóstico da qualidade das águas do Rio Guareí (Angatuba, SP)**. Botucatu: FUNDIBIO, 2012. 155 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

MACÊDO, J. A. B. Reaproveitamento: fontes, legislação e características. In: _____. **Águas & águas**. São Paulo: Varela, 2001. p. 25-60.

MARQUES, M. N.; COTRIM, B. M.; PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007.

MARTINS, D. Clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1989, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1989. p. 8-19.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 abr. 2012.

MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, p. 487-495, 2001.

MILLANI, T. M. **Geoprocessamento aplicado na identificação e localização de APPs na microbacia do córrego São Caetano-Botucatu (SP) em função da legislação ambiental**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Engenharia Rural, 2012. 26 p. Relatório Científico PIBIC. OK

NASCIMENTO, F. M. **Avaliação da citricultura no município de Botucatu (SP), por meio de diferentes bases cartográficas e aplicativos**. 2010. 75 f. Tese (Doutorado e Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

NIEBOER, E.; RICHARDSON, D. H. S. The replacement of the nondescript term heavy metal by a biological and chemically significant classification of metal ions. **Environment and Pollution**, Toronto, Ser. B, v. 1, n. 3, p.3-26, 1980.

NUVOLARI, A. As diversas opções de tratamento do esgoto sanitário. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 520 p.

ODIER, J. **l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer**. 6. Ed. Paris: Bardas, 1978. p. 461-482.

OLIVEIRA, J. B de. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: IAC, 1999. 108 p. (Boletim Científico, 45).

ORSSATTO, F. et al. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Coati Chico, Cascavel-PR. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 255-274, set./dez. 2009.

PORTO, L. C. S.; ETHUR, E. M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000900020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 fev. 2012.

PRESCOTT, J. A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transactions of the Royal Society of South Australia**, Adelaide, v. 64, p. 114, 1940.

RIBEIRO J. T. Controle de odores em sistemas de esgoto sanitário. In: NUVOLARI, A. et al. **Esgoto sanitário, coleta transporte tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. cap. 11, p. 485-504.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas**: interações com espécies metálicas. São Paulo: Ed. UNESP, 2003. 120 p.

ROCHA, J. C.; HIRCHE, R. N. Determinação de metais totais e metais solúveis em “água bruta” e em água tratada amostrada em represas de captação e estação de tratamento de águas (ETA) de Araraquara, SP. 1994. **Eclética Química**, São Paulo, v. 19, p. 165-177, 1994.

SARDINHA, D. S. et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SARTORIL, A. A. C. et al. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal, 2009. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 4363-4369. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.17.31/doc/4363-4369.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

SHIMADZU CORPORATION. **User manual:** TOC-V CPH/TOC-VCPN Total Organic Carbon Analyzer and the TOC Control V software. Kioto, 2001. 352 p.

SILVA, A. M. M. **Hidroquímica e processos antrópicos na bacia hidrográfica do alto Rio Pardo.** 1999. 350 f. Tese (Doutorado em Química)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SILVA, C. M.; CATÂNEO, A.; CARDOSO, L. G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS E BIOLÓGICAS DE BOTUCATU, 1993, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Associação dos Docentes de Botucatu, 1993. p. 109.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análises microbiológicas da água.** São Paulo: Varela, 2005. 165 p.

SOUZA, H. B; DERISO, J. C. **Guia técnico de coleta de água e ou efluentes,** São Paulo: CETESB, 1977. 857 p.

SOUZA, H. M. L.; NUNES, J. R. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do córrego Figueira. **Engenharia Ambiental,** Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 110-124, maio/ago. 2008.

SOUZA, I. F. Caracterização da qualidade de efluentes e a possível utilização da biomassa como fonte energética. 2005. 221 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SPOSITO, G. Distribution of potentially hazardous trace metals. In: SIGEL, H. **Metal ions in biological systems.** New York: Marcel Dekker, 1986. v. 20, p. 1-19.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água:** conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. 305 p.

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

UIEDA, V. S.; BARRETTO, M. G. Composição da ictiofauna de quatro trechos de diferente ordens do Rio Capivara, Bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. **Revista Brasileira de Zoociências,** Juiz de Fora, v. 1, n. 1, p. 55-67, dez. 1999.

WATANABE, F. S.; ONSSEN, S. R. Colorimetric determination of phosphate. **Soil Science Society American Proceedings,** v. 29, p. 677, 1965.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** 4th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663 p.

ZARA, F. Z. **Redução de mercúrio iônico por substâncias húmicas aquáticas.** 2001. 139 f. Tese (Doutorado em Química Analítica)-Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

APÊNDICE I

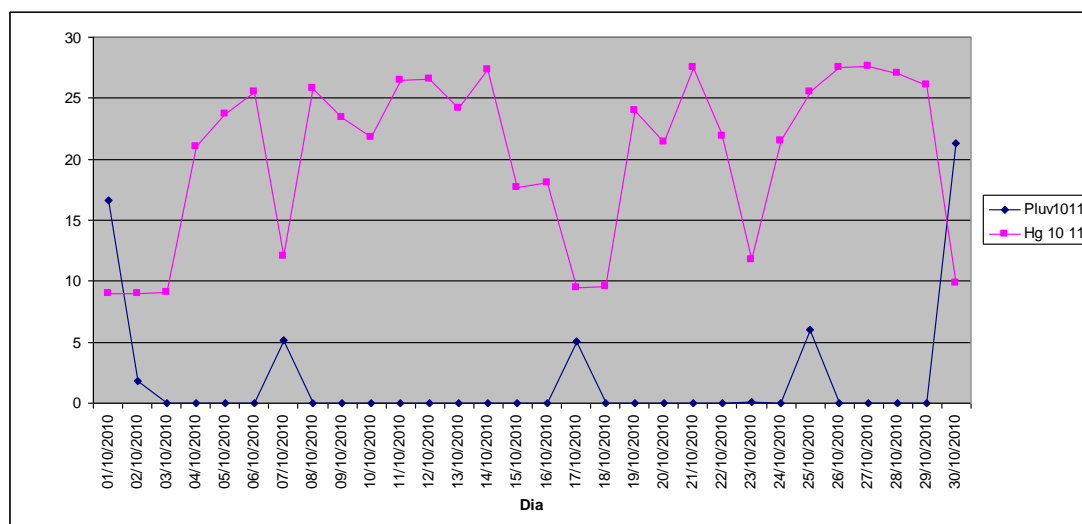


Figura 38 - Índices pluviométricos e radiação solar no mês de outubro de 2010

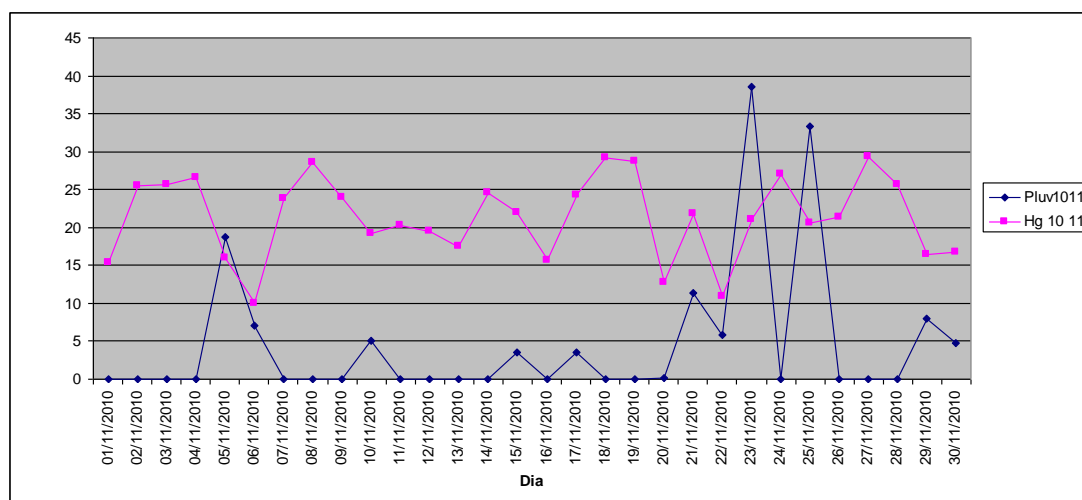


Figura 39 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m^{-2}) no mês de nov. 2010

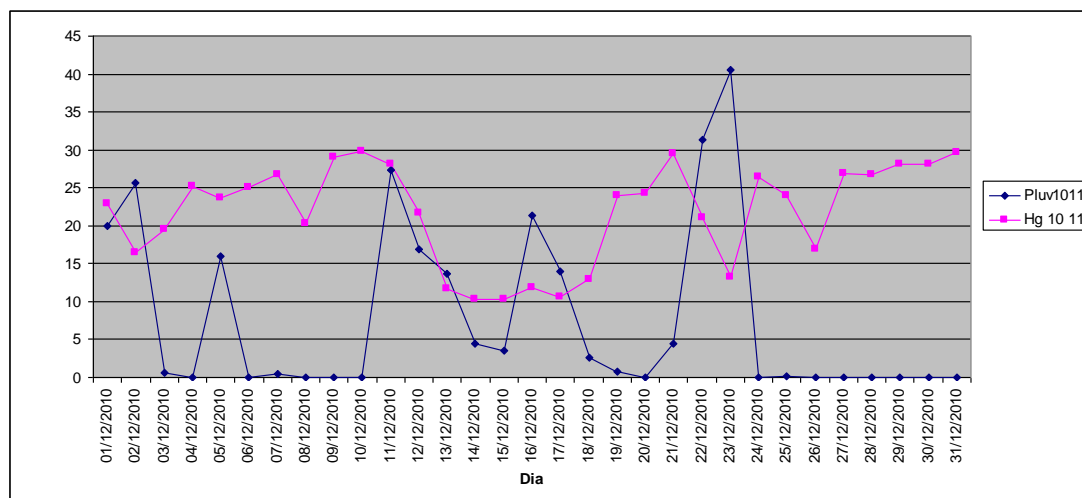


Figura 40 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de dez. 2010

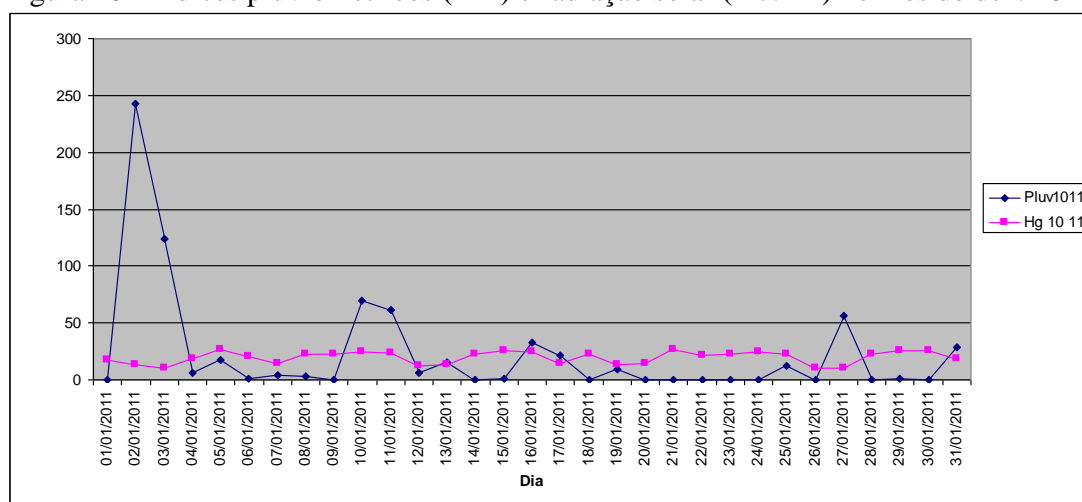


Figura 41- Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de jan. 2011

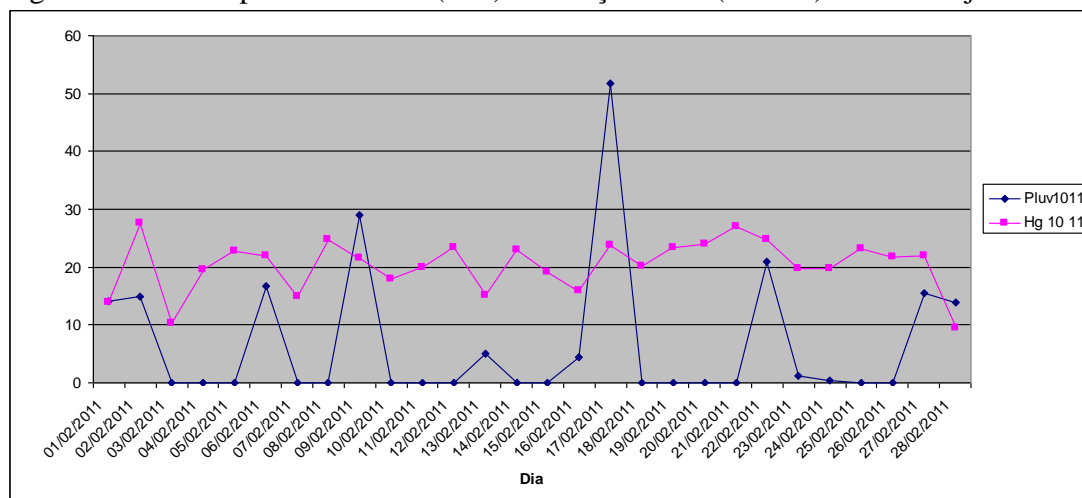


Figura 42 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de fev. 2011

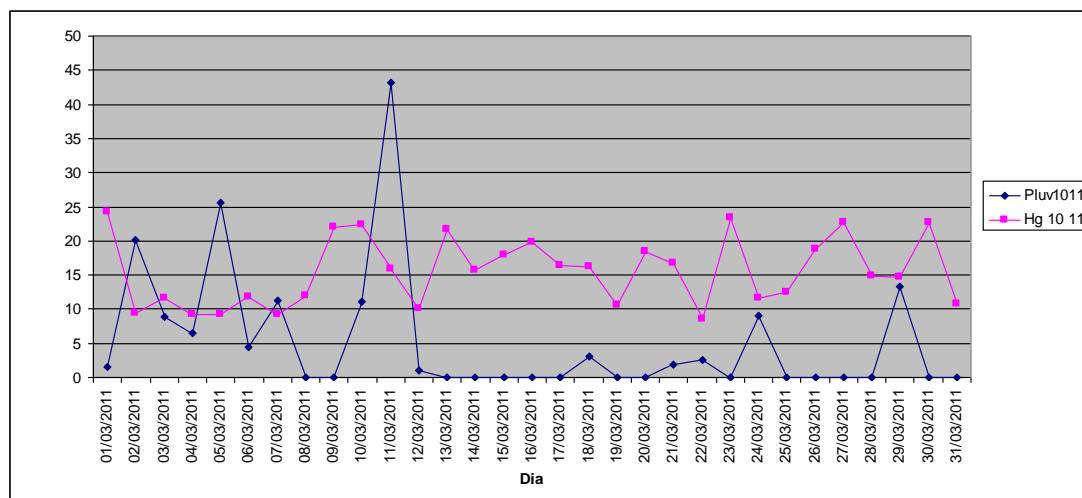


Figura 43- Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de mar. 2011

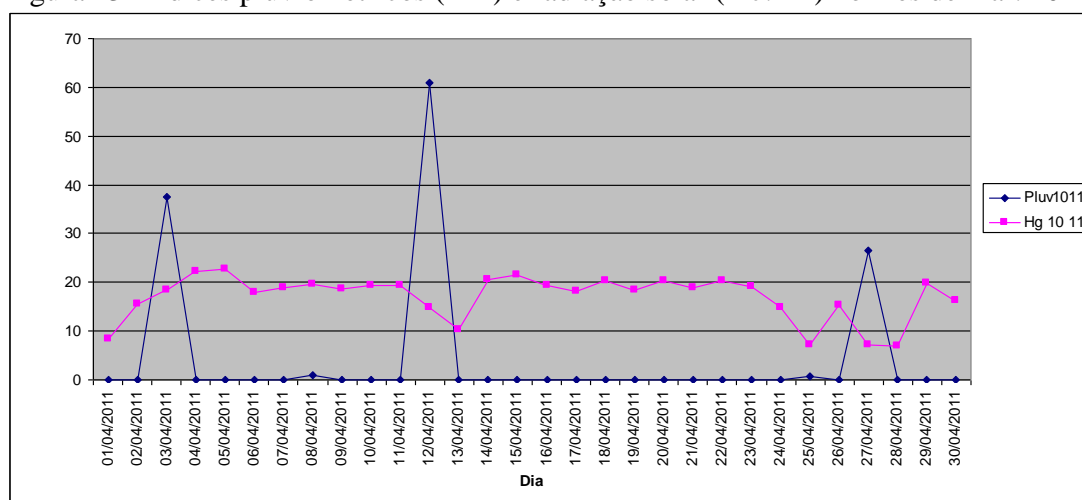


Figura 44 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de abr. 2011

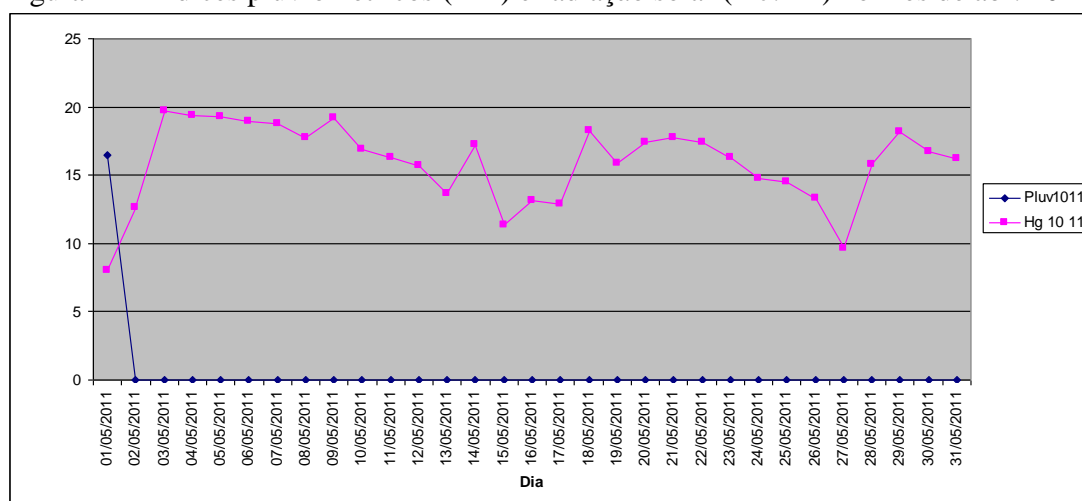


Figura 45 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de mai. 2011

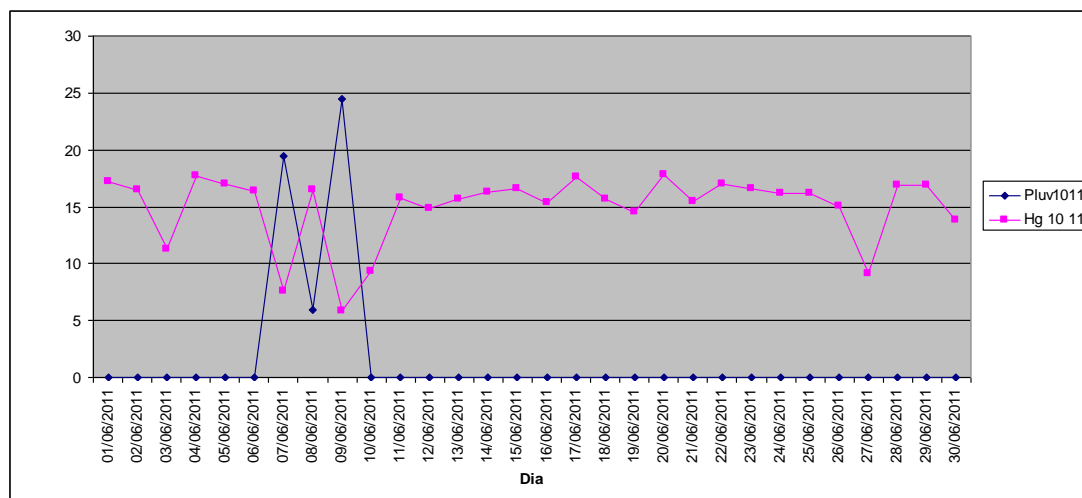


Figura 46 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de jun. 2011

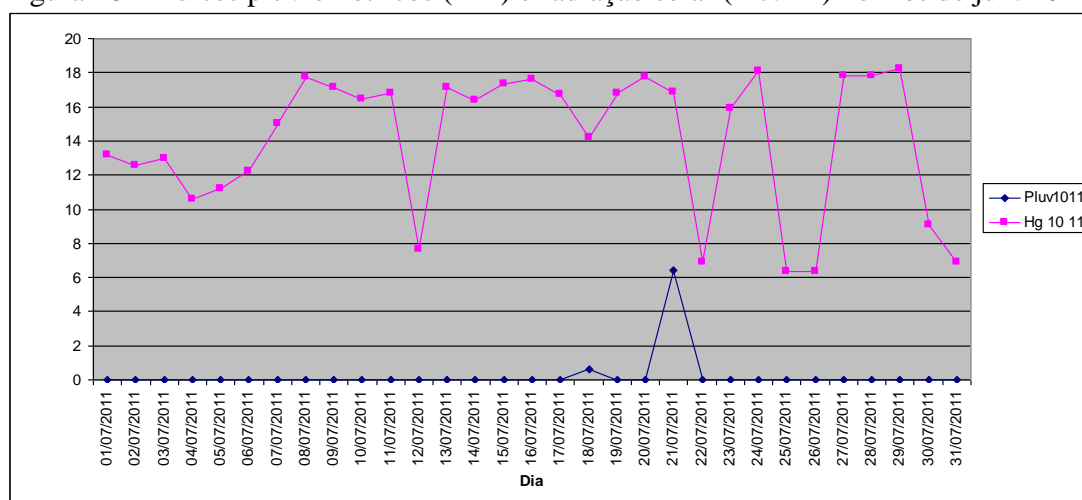


Figura 47 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de jul. 2011

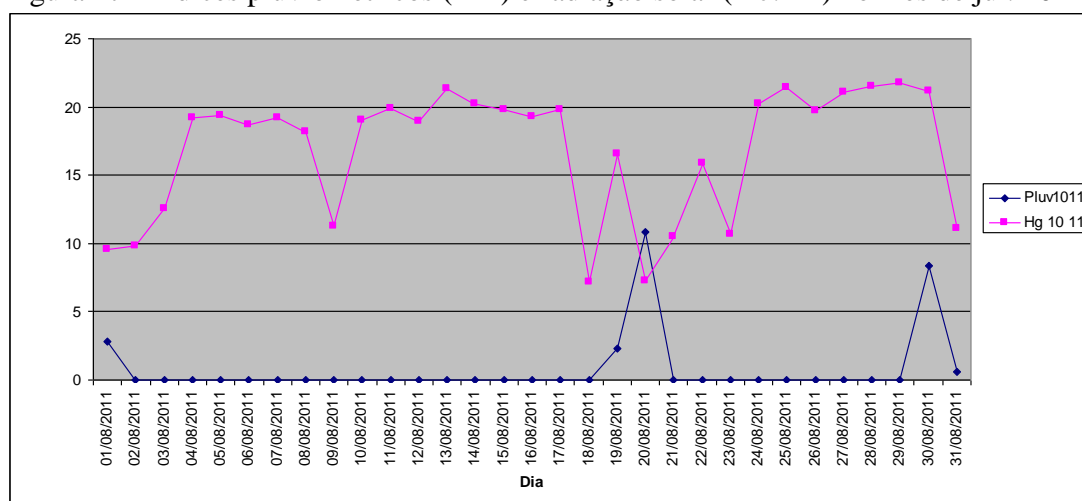


Figura 48 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de ago. 2011

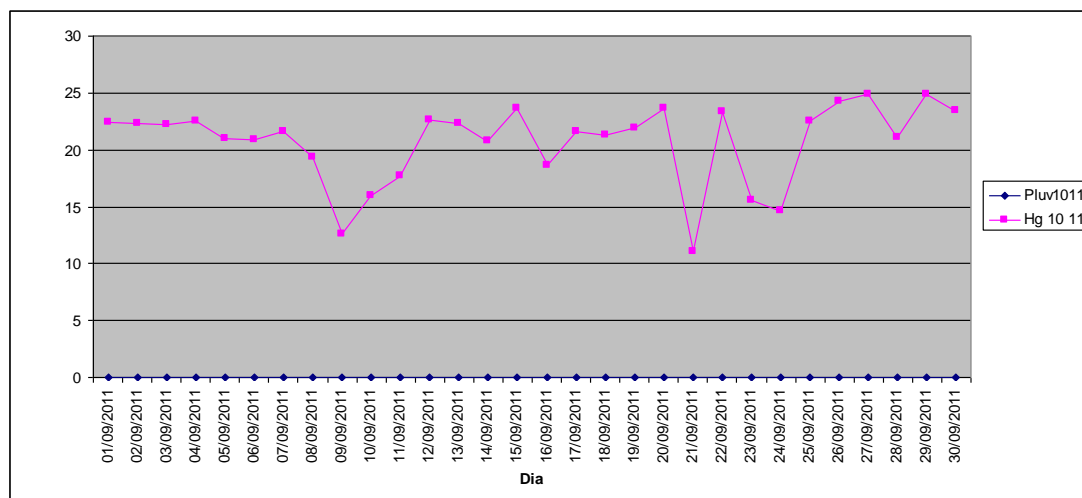


Figura 49 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de set. 2011

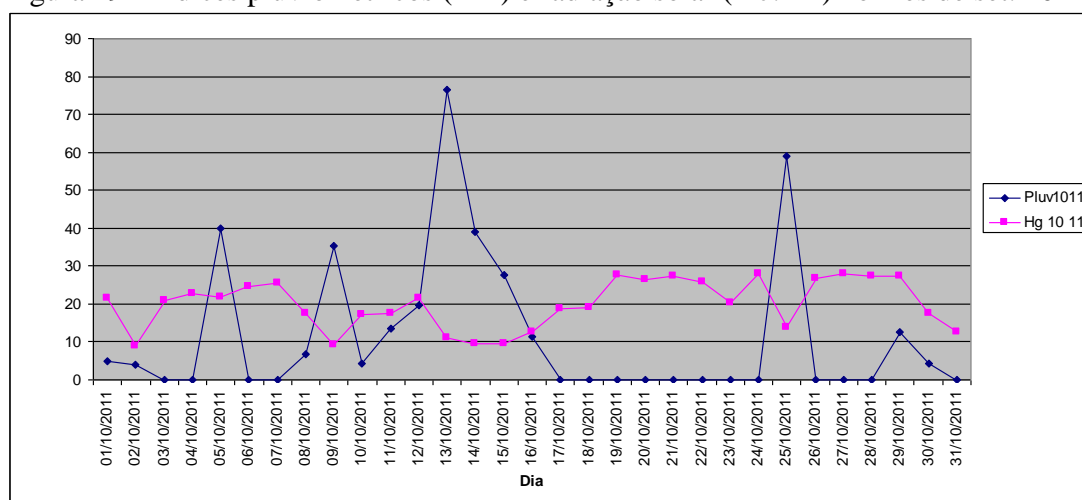
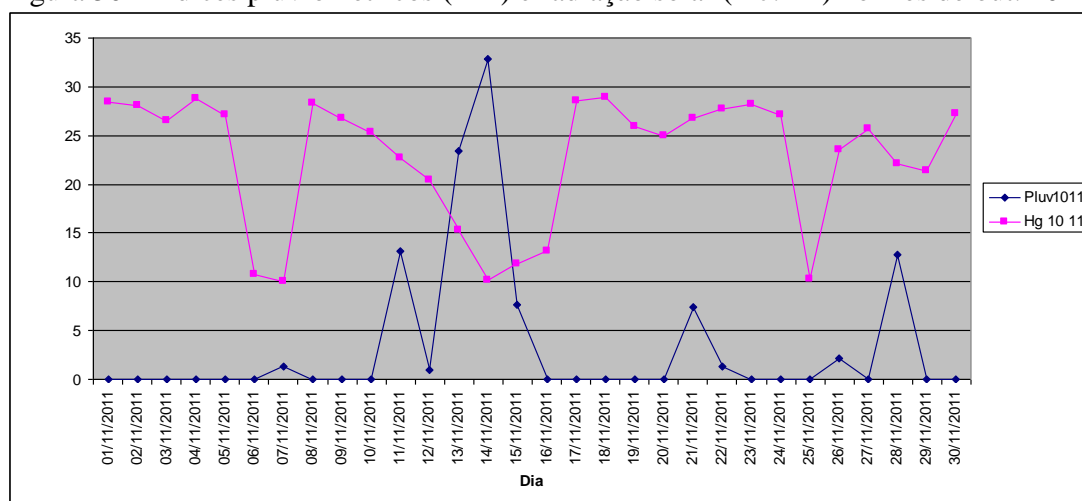


Figura 50 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de out. 2011



a 51 - Índices pluviométricos (mm) e radiação solar (MJ.m⁻²) no mês de nov. 2011

Figur

APÊNDICE II

Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências, conforme art. 2 a 4 (BRASIL, 2005a).

No art. 2º adota definição para águas doces, com salinidade igual ou inferior a 05,%, para águas salobras, com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%. Para águas salinas, define concentração de salinidade igual ou superior a 30%.

No art. 3º classifica as águas doces, salobras e salinas em treze classes de qualidade, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, considera ainda, que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente.

No art. 4º são classificadas as águas em cinco classes:

I - a classe especial é destinada ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – a classe 1 pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras indígenas.

III – a classe 2 pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; 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; e à aquicultura e à atividade de pesca.

IV – a classe 3 pode ser destinada ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

V – a classe 4 ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

De acordo com Brasil (2005a), nos art. 14 a 17 estabelecem as condições e padrões das águas doces para as quatro classes.

No art. 14 são apresentadas as condições de qualidade e padrões da água para classe 1:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para demais usos, exceto para uso de recreação de contato primário, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 ml em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) demanda bioquímica de oxigênio (DBO) 5 dias a 20° C até 3 mg.L⁻¹ de O₂;
- i) oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 6 ml.L⁻¹ de O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- k) produto da concentração hidrogeniônica (pH): 6,0 a 9,0;
- l) cádmio total: valor máximo de 0,001 mg.L⁻¹ Cd;
- m) chumbo total: valor máximo de 0,01 mg.L⁻¹ Pb;
- n) cromo total: valor máximo de 0,05 mg.L⁻¹ Cr;
- o) mercúrio total: valor máximo de 0,0002 mg.L⁻¹ Hg;
- p) fósforo total, para ambiente lântico (refere-se à água parada): valor máximo de 0,020 mg.L⁻¹ P, ambiente intermediário: valor máximo de 0,025 mg.L⁻¹ P e para ambiente lótico (refere-se a águas moventes) e tributários de ambientes intermediários: valor máximo de 0,1 mg.L⁻¹ P; e

- q) nitrogênio total: valor máximo de $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; valor máximo de $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; valor máximo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e valor máximo de $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} > 8,5$.

No art. 15 aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões previstos no art. 14, com exceção:

- a) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- b) os coliformes termotolerantes não deverão ser excedidos um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml;
- c) turbidez: até 100 UNT;
- d) DBO 5 dias a 20° C até 5 mg.L^{-1} de O_2 ;
- e) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg.L^{-1} de O_2 ; e
- f) Fósforo total: até $0,030 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$, em ambientes lênticos, e até $0,050 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$, em ambientes intermediários e tributários de ambiente lêntico.

No art. 16 aplicam-se às águas doces de classe 3 as condições e padrões previstos no art. 14, com exceção:

- a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- b) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- c) coliformes termotolerantes: para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml, para demais usos, exceto para uso de recreação de contato secundário, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes;
- d) demanda bioquímica de oxigênio (DBO) 5 dias a 20° C até 10 mg.L^{-1} de O_2 ;
- e) oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 4 mg.L^{-1} de O_2 ;
- f) turbidez até 100 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- g) produto da concentração hidrogeniônica (pH): 6,0 a 9,0;
- h) cádmio total: valor máximo de $0,01 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cd}$;
- i) chumbo total: valor máximo de $0,033 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pb}$;
- j) mercúrio total: valor máximo de $0,002 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Hg}$;

- k) fósforo total para ambiente lântico: valor máximo de $0,05 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$, ambiente intermediário: valor máximo de $0,075 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$ e para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários: valor máximo de $0,15 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$; e
- l) nitrogênio total: valor máximo de $13,3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; valor máximo de $5,6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; valor máximo de $2,2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e valor máximo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} > 8,5$.

No art. 17 às águas doces de classe 4 apresentam as condições e padrões:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) odor e aspectos: não objetáveis;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- e) OD, superior a $2,0 \text{ mL.L}^{-1} \text{ O}_2$ em qualquer amostra; e
- f) pH: 6,0 a 9,0.