

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA E BIOLOGIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS AMBIENTAIS

BRUNO LOPES PAES
TAMIRES DE ALMEIDA SFEIR
THAMISIS CAMILA PIASKOWSKI

**ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS RIOS ATUBA, IRAÍ
E PEQUENO E A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM PARÂMETROS
LIMNOLÓGICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2011

BRUNO LOPES PAES
TAMIRES DE ALMEIDA SFEIR
THAMISIS CAMILA PIASKOWSKI

**ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS RIOS ATUBA, IRAÍ
E PEQUENO E A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM PARÂMETROS
LIMNOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais do Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBI - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Rodrigues de Azevedo

CURITIBA
2011

TERMO DE APROVAÇÃO

**BRUNO LOPES PAES
TAMIRES DE ALMEIDA SFEIR
THAMISIS CAMILA PIASKOWSKI**

ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS RIOS ATUBA, IRAÍ E PEQUENO E A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de **TECNÓLOGO EM PROCESSOS AMBIENTAIS** do Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI) do Câmpus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e **APROVADO** pela seguinte banca examinadora:

Membro 1 – PROF. DR. THOMAZ AURÉLIO PAGIORO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Departamento Acadêmico de Química e Biologia

Membro 2 – PROF. DR. MARCELO REAL PRADO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Departamento Acadêmico de Química e Biologia

Orientador – PROF. DR. JÚLIO CESAR RODRIGUES DE AZEVEDO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Departamento Acadêmico de Química e Biologia

Coordenadora de Curso – PROF^a. DR^a. VALMA MARTINS BARBOSA

Curitiba, 24 de novembro de 2011.

Aos nossos pais, famílias, amigos e colegas
Dedicamos esse trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao nosso orientador, Prof.Dr. Júlio César Rodrigues de Azevedo, pela sua ajuda e paciência, além da confiança em nosso trabalho.

Ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Resíduos (LEPER), UTFPR, por ter nos fornecido os dados de análise.

RESUMO

PAES, Bruno Lopes; SFEIR, Tamires de Almeida; PIASKOWSKI, Thamisis Camila. Análise da qualidade das águas superficiais dos rios Atuba, Iraí e Pequeno e a influência da precipitação em parâmetros limnológicos. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

O presente trabalho trata sobre avaliação das águas superficiais, através do Índice da Qualidade de Águas (IQA) dos rios Atuba, Iraí e Pequeno, na cidade de Curitiba – Paraná. Como necessidade de preservar o meio ambiente e garantir uma vida saudável aos cidadãos é necessário, cada vez mais, investimentos na preservação dos corpos d'água, rios e o meio ambiente em si. No estudo foram avaliados parâmetros físico-químicos para cada um dos rios no ano de 2010, com coletas trimestrais nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, além dos dados de precipitação no município de Pinhais durante o ano. Os níveis de qualidade para os três rios foram insatisfatórios, pois demonstram o grau de interferência antrópica no meio ambiente. Com relação à precipitação, estatisticamente nenhum dos parâmetros foi afetado significativamente.

Palavras-chave: IQA. Precipitação. Rio Atuba. Rio Iraí. Rio Pequeno.

ABSTRACT

PAES, Bruno Lopes; SFEIR, Tamires de Almeida; PIASKOWSKI, Thamisis Camila. Analysis of the quality of surface waters of rivers Atuba, Iraí and Pequeno and the influence of precipitation in limnological parameters. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

This work deals with the evaluation of surface water, using the Water Quality Index (AQI) of Atuba, Iraí and Pequeno rivers, in the city of Curitiba - Paraná. Aiming to preserve the environment and ensure a healthy life for citizens is needed more investments in the preservation of water bodies, rivers and the environment itself. This study evaluated physical, chemical and microbiological parameters of the rivers in 2010, with samplings quarterly in February, May, August and November, plus the data of precipitation in the city of Pinhais during the same year. The water quality levels for the three rivers were unsatisfactory, due the degradation by human interference on the environment. Regarding precipitation, statistically none of the parameters was significantly affected.

Keywords: IQA. Precipitation. Atuba River. Iraí River. Pequeno River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.....	26
Figura 2– Mapa das Sub-bacias do Altíssimo Iguçu.	30
Figura 3 – Mapa ilustrativo dos pontos de coleta dos rios Atuba, Iraí e Pequeno.....	31
Figura 4 - Histórico das precipitações registradas na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais no ano de 2010.....	38
Figura 5 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba.....	39
Figura 6 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	40
Figura 7 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	41
Figura 8 - Variação da concentração do nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba.....	42
Figura 9 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	43
Figura 10 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	44
Figura 11 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí.	45
Figura 12 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	46
Figura 13 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	47
Figura 14 - Variação da concentração de nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	48
Figura 15 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	49
Figura 16 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	50
Figura 17 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno.	51
Figura 18 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	52
Figura 19 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.....	53

Figura 20 - Variação da concentração de nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno.....	54
Figura 21 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	55
Figura 22 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.	56
Figura 23 - Gráfico do Oxigênio dissolvido x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.	57
Figura 24 - Gráfico da Amônia x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno....	58
Figura 25 - Gráfico do Nitrato x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.	59
Figura 26 - Gráfico da DBO x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.....	60
Figura 27 - Gráfico do COD x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.....	61
Figura 28 - Gráfico do Ortofosfato x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.....	62
Figura 29 - Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Atuba.	65
Figura 30 – Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1, P2 e P3 do Rio Iraí.....	69
Figura 31 – Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para os pontos P1, P2 e P3 do Rio Pequeno.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos de coleta dos rios Atuba, Iraí e Pequeno.....	30
Tabela 2 - Peso dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA.	37
Tabela 3 - Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de	63
Tabela 4 – Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Atuba.....	64
Tabela 5 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Atuba.	64
Tabela 6 - Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de 2010 utilizados para a determinação do IQA no Rio Iraí.	66
Tabela 7 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas.....	66
Tabela 8 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Iraí.	67
Tabela 9 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P3 do Rio Iraí.	68
Tabela 10 – Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de 2010 utilizados para a determinação do IQA no Rio Pequeno.....	69
Tabela 11 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Pequeno.....	70
Tabela 12 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Pequeno.....	71
Tabela 13 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P3 do Rio Pequeno.....	71
Tabela 14 - Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para os pontos P1 e P2 do rio Atuba, pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e pontos P1, P2 e P3 do Rio Pequeno.....	74

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

APA	Área de Proteção Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
LEPER	Laboratório de Ensino e Pesquisa em Resíduos
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
O.D.	Oxigênio Dissolvido
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
RM	Regiões Metropolitanas
RMC	Regiões Metropolitanas de Curitiba
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Objetivos Gerais.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	CRESCIMENTO POPULACIONAL E USO DA ÁGUA.....	17
2.2	POLUIÇÃO DA ÁGUA.....	18
2.3	PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	19
2.4	PRECIPITAÇÃO.....	23
2.5	ÍNDICE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	REGIÃO DE ESTUDO.....	29
3.1.1	Bacia do Rio Atuba.....	31
3.1.2	Bacia do Rio Iraí.....	32
3.1.3	Bacia do Rio Pequeno.....	33
3.2	AMOSTRAGENS.....	34
3.3	PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	34
3.4	ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	35
3.5	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NOS PARÂMETROS LIMNOLOGICOS.....	36
3.6	CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	PRECIPITAÇÃO.....	38
4.2	ESTUDO DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.....	39
4.2.1	Rio Atuba.....	39
4.2.2	Rio Iraí.....	44
4.2.3	Rio Pequeno.....	50
4.3	AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NOS PARÂMETROS LIMINOLÓGICOS.....	56
4.3.1	Oxigênio Dissolvido x Precipitação.....	56
4.3.2	Amônia x Precipitação.....	57
4.3.3	Nitrato x Precipitação.....	58
4.3.4	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) x Precipitação.....	59
4.3.5	Carbono Orgânico Dissolvido (COD) x Precipitação.....	61
4.3.6	Ortofosfato x Precipitação.....	62
4.4	CÁLCULO DO IQA.....	63
4.4.1	IQA do Rio Atuba.....	63
4.4.2	IQA Rio Iraí.....	65
4.4.3	IQA Rio Pequeno.....	69
5	CONCLUSÃO.....	75
	REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Segundo Moretto (2011) no século XX, apesar de expressivo com as questões tecnológicas, peca no que diz respeito ao meio ambiente, o qual é mascarado pela crescente demanda econômica. O crescimento populacional deste século foi acompanhado pelo progresso da atividade industrial fazendo com que houvesse o aumento dos parques industriais. Estes crescimentos trouxeram vários problemas para a sociedade, como a contaminação dos corpos aquáticos por resíduos orgânicos e inorgânicos produzidos pela população.

O processo de migração populacional provocou um crescimento acelerado e desordenado das grandes cidades brasileiras, em especial das capitais, que não conseguiram responder em tempo adequado com mecanismos de coordenação, planejamento controle das necessidades populacionais e de infra-estrutura (COMEC, 2006). Esse fenômeno levou o governo federal a intervir no processo de urbanização levando ao desenvolvimento das Regiões Metropolitanas – RM de algumas cidades na década de 70 (Lei Complementar Nº 14, 1976).

Assim, o desenvolvimento humano não vem considerando a realidade ambiental como prioridade, acarretando uma série de fatores negativos ao ecossistema, tornando-se necessário a elaboração de projetos de gerenciamento ambiental, objetivando a conscientização da população. Relacionando o elemento água, boa parte da população mundial não possui uma boa qualidade de vida devido ao estado qualitativo da água usada para o abastecimento, tornando esse elemento ainda mais essencial para o ser humano (MORETTO, 2011).

Segundo Tucci (1997), com o aumento populacional, os fatores mais afetados foram as condições ambientais, criando condições para que haja o desenvolvimento de doenças, o aumento da temperatura, poluição do ar, do solo e outros, mostrando que o desenvolvimento urbano sem nenhum planejamento colocará em risco o futuro da sociedade. No Brasil, a maioria dos rios não suporta a quantidade de efluentes domésticos lançadas no corpo d'água, sendo que tais despejos são quase que em totalidade, lançados *in natura* (FAZZA, 2007).

A preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos aumenta cada vez mais, principalmente quando se fala em água, que é utilizada para o

abastecimento da população. Atualmente, grande parte do consumo de água, cerca de 80%, vem sendo utilizada para a agricultura; menos de 20% para uso industrial e apenas 6% para o consumo humano. De acordo com Tucci *et al.* (2003), o total de água retirado de diversas fontes aumentou cerca de nove vezes, enquanto que a população triplicou e consumo per capita dobrou. Caso nada seja feito, é possível que em um futuro próximo, mais da metade da população sofra com a falta do recurso.

Reduzindo a abrangência do estudo, e tomando por base o estado do Paraná, mais precisamente a região de Curitiba, os principais mananciais que abastecem a cidade se encontram na Região Metropolitana, que está localizada próxima as cabeceiras da Bacia do Iguaçu, na Serra do Mar. Segundo Andreoli *et al.* (2000), os mananciais para abastecimento público devem apresentar uma distância das cidades a serem abastecidas viável em termos econômicos sem perder de vista o equilíbrio de sua preservação. Esta proximidade gera um inevitável conflito entre a expansão da urbanização destas áreas sobre os mananciais, poluindo e envergonhando as cidades.

Para avaliar e controlar os problemas oriundos da poluição urbana é utilizado o índice de qualidade ambiental, IQA. Por meio de análises físicas, químicas e cálculos é possível obter um valor numérico comparativo da qualidade do corpo d'água, sendo assim, o presente trabalho pretende avaliar, através destes índices, a qualidade e o impacto da poluição urbana sobre os rios escolhidos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Guedes (2011), a abordagem do tema poluição de rios, principalmente, nas áreas de maior concentração humana, conduz à necessidade do conhecimento das principais fontes poluidoras. Entre elas, destacam-se as de origem natural, esgotos domésticos e industriais águas de escoamento superficial, de origem agropastoril, águas de drenagem de minas e lixo (VON SPERLING, 1995). Estudos realizados por pesquisadores do Paraná mostram a influência da população urbana no assoreamento de rios, poluição das águas, ausência de mata ciliar, presença de lixo nas margens entre outros.

Com o passar do tempo, o uso dos mananciais e suas bacias se torna cada vez mais intenso, tornando essencial a necessidade de definir formas de manejo sustentável dos ecossistemas. Torna-se necessário o monitoramento a partir de dados que permitam avaliar a evolução da qualidade do corpo aquático e conhecer as tendências de sua variação (DUARTE, *et al.*, 1997).

Assim, com as análises físicas, químicas e microbiológicas da água, foi criado um índice para facilitar a interpretação dos dados, indicando o grau de contaminação da água causada pelos diversos fatores citados. O IQA (Índice de Qualidade das Águas) é uma metodologia utilizada pela CETESB que mede a qualidade de águas superficiais. Tal fator é determinado considerando fatores como: oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, temperatura, pH, nitrato, fosfato total, turbidez e sólidos totais. Estes índices atribuem notas de qualidade entre zero (pior qualidade) e cem (qualidade ótima) (CETESB, 2011).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho teve por objetivo avaliar qualidade das águas superficiais, através do estudo da variação temporal dos parâmetros limnológicos selecionados, a influência da precipitação nestes e a determinação do IQA (Índice de Qualidade das Águas), dos rios Atuba, Pequeno e Iraí.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a variação temporal dos parâmetros químicos e microbiológicos dos rios Atuba, Iraí e Pequeno;
- Verificar a alteração da qualidade desses corpos aquáticos ao longo do tempo;
- Comparar os parâmetros químicos e microbiológicos (coliformes totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, nitrogênio amoniacal e ortofosfato) de cada rio de acordo com sua classificação no CONAMA 357/05;
- Comparar os três rios de acordo com os parâmetros analisados, relacionando-os com o nível de qualidade da água;
- Avaliar os parâmetros limnológicos (oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio, carbono orgânico dissolvido e ortofosfato) em relação à pluviosidade do início ao final das coletas em cada rio.
- Determinar a qualidade da água dos rios estudados através do Índice de Qualidade das Águas;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CRESCIMENTO POPULACIONAL E USO DA ÁGUA

A disponibilidade de água em todo o planeta é praticamente a mesma desde que o mundo ganhou forma definitiva. Embora essa quantidade permaneça igual, ela possui distribuições e utilizações diferentes de como era utilizada no passado. O que pode ser consumido é apenas uma pequena fração, visto que 97% é água salgada e 3% é água doce, e desta pequena porcentagem, só 0,01% vai para os rios, ficando disponível para o uso humano (REBOUÇAS, 1999). A carência de água em muitos países pode ser um fator limitante para o desenvolvimento, pois com a exploração indiscriminada dos recursos naturais em nossa sociedade, a disponibilidade do recurso está se esgotando (PAZ, *et al.*, 2000).

Dentre os fatores que prejudicam a qualidade da água podemos citar o desenvolvimento acelerado e sem planejamento das áreas urbanas (TUCCI, 2008). O êxodo rural, muito comum principalmente em países subdesenvolvidos, levou a população do campo à cidade, tornando o Brasil um país essencialmente urbano. O desenvolvimento econômico contribui para que a sociedade se torne cada vez mais urbana, gerando grande pressão ambiental, principalmente sem um bom plano de gestão (TUNDISI, 2008).

O processo de migração provocou um crescimento acelerado e desordenado das grandes cidades brasileiras, especialmente das capitais, que não conseguiram responder em tempo adequado com mecanismos de coordenação, planejamento e controle das necessidades populacionais e de infra-estrutura (COMEC, 2006).

Com o desenvolvimento da sociedade veio o aumento da diversidade de usos da água, nas regiões industrializadas e de concentração populacional ocorre a degradação das águas, criando conflitos entre os usuários que necessitam de melhores condições (RACANICCHI, 2002).

Os principais usos da água são o abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação, diluição despejos. Entre os principais usos, o

abastecimento doméstico pode ser considerado o de uso mais nobre da água, requerendo que diversos critérios de qualidade sejam atendidos, enquanto o uso menos nobre (diluição de despejos) não possui nenhum requisito em termos de qualidade (VON SPERLING, 1996). Dessa maneira, a inter-relação entre a utilização da água e qualidade requerida para a mesma é direta.

Logo, os corpos aquáticos enquadram-se em classes, sendo definidos para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados. Estes requisitos (teores máximos de impureza permitidos na água) são estabelecidos em função dos usos previstos e constituem os padrões de qualidade, que traduzem de forma geral e conceitual a qualidade desejada para a água (VON SPERLING, 1996).

2.2 POLUIÇÃO DA ÁGUA

No Brasil e no mundo, a questão do gerenciamento de recursos hídricos se tornou vital para o desenvolvimento sustentável. Com o aumento da população mundial, a demanda por produtos agrícolas e industriais aumentou e, conseqüentemente, a utilização da água em lavouras irrigadas, indústria e na geração de energia elétrica tornou-se bem maior (MOREIRA, 2005). A poluição do ambiente aquático produz diversos efeitos deletérios como o prejuízo na qualidade da água utilizada na agricultura, indústrias; poderá causar um efeito negativo à saúde humana, etc (RODRIGUEZ, 2001). É de suma importância a identificação correta dos efeitos das ações antrópicas sobre os ecossistemas. Com isso, poderá ser diferenciada as variações naturais que ocorrem ao longo das estações do ano, por exemplo, de outras variações induzidas pelo homem, através das alterações feitas no funcionamento do sistema biológico (CAIRNS et al.,1993).

A origem da poluição da água pertence a duas ordens de fatos diferentes, a primeira relacionada com o crescimento populacional e o alto grau de urbanização, devolvendo uma grande quantidade de água usada e parcialmente depurada, enquanto a segunda provém do desenvolvimento da indústria, que exige cada vez mais um maior volume de água e a despeja nos rios com inúmeros produtos químicos (DORST *apud* RACANICCHI, 2002). Segundo Santos (2006), as maiores e

mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados, não tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

No Brasil, grande parte dos ecossistemas aquáticos recebe toda a espécie de impactos oriundos da atividade humana e 51% dos sistemas existentes para a captação de águas de abastecimento da população, estão localizados em rios, nos quais são lançados cerca de 92% dos esgotos gerados nas regiões (TUNDISI e BARBOSA *apud* SANTOS, 2006).

A qualidade da água nesses ambientes é frequentemente determinada através da medição e monitoramento de alguns parâmetros biológicos (coliformes totais) e físico químicos da água tais como: Oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, avaliação da presença de poluentes ou através do aumento da concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo, no caso da poluição orgânica (SILVEIRA, 2004).

2.3 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

De acordo com Sawyer *et al.* (1994) o termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio. Segundo Branco (1986), em águas naturais as variações deste parâmetro são ocasionados geralmente pelos fenômenos de respiração/fermentação dos organismos presentes e o consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂), produzindo ácidos orgânicos fracos

A presença de OD é de vital importância para os seres vivos aeróbios de um ambiente aquático. De acordo com Farias (2006), um rio em condições normais, para ser considerado limpo, deve apresentar de 8 a 10 mg.L⁻¹, podendo variar com as condições de temperatura e pressão.

O oxigênio dissolvido (OD) indica o grau de arejamento da água, sendo um excelente indicativo de qualidade da água. Sua determinação é importante para

avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica (TOMASINI, 2009).

Segundo Esteves (1998) a concentração de oxigênio dissolvido apresenta grandes variações diárias devido sua interação direta com a fotossíntese, a respiração ou decomposição. Essas variações são fortemente influenciadas pela temperatura, fotoperíodo e intensidade luminosa, e apresentam eventual importância para ventos e chuvas.

Segundo Quege e Siqueira (2005), a concentração de oxigênio dissolvido é função da temperatura, da agitação das águas, da natureza e abundância de organismos que nelas vivem (seres clorofilados), reoxigenação fotossintética, da velocidade de deslocamento da água, profundidade, acidentes topográficos, ação dos ventos, intensidade luminosa e entrada de oxigênio dissolvido proveniente de outros afluentes.

No controle da poluição pelo fósforo, a principal preocupação está relacionada com a eutrofização dos ambientes aquáticos, ocasionado pelo crescimento demasiado de algas e plantas aquáticas. O elemento fósforo é considerado um dos principais fatores limitantes da produtividade e do controle populacional das comunidades aquáticas, além de ser o principal responsável pela eutrofização de corpos aquáticos (ESTEVES, 1998).

Em esgoto sanitário, o fósforo é encontrado nas formas de fósforo orgânico, polifosfato e ortofosfato. O fósforo orgânico provém das excreções humanas e de animais, assim como de restos de alimentos. Quando os compostos orgânicos sofrem decomposição biológica, dão origem a ortofosfatos (GUIDOLINI *et al.*, 2010).

Os ortofosfatos são biodisponíveis e uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água; entretanto, não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados por bactérias para ortofosfatos (CETESB, 2011).

Segundo a Sabesp (2011) a DBO é o principal indicador empregado para acompanhar os resultados das ações de despoluição. Ela representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água. Ou seja, quanto maior o valor da DBO, maior a presença de matéria orgânica. Ademais,

cursos de água naturais, livres de qualquer poluição causada pelo homem, apresentam valores de DBO da ordem de 5 mg/L.

De acordo com a Cetesb (2011) a DBO não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana. Os maiores aumentos em termos de $DBO_{5,20}$, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da $DBO_{5,20}$ pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, tendo como possíveis conseqüências a geração de sabores e odores desagradáveis. (CETESB, 2011).

No campo do tratamento de esgotos, a $DBO_{5,20}$ é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos. Embora a demanda de oxigênio ocorra apenas nos processos aeróbios, a demanda "potencial" pode ser medida à entrada e à saída de qualquer tipo de tratamento. (CETESB, 2011).

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. Ela provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente na chamada DBO de segundo estágio (FARIAS, 2006).

Quando presente nos corpos hídricos, a amônia pode causar impactos ecológicos, por ter a capacidade de afetar diretamente a capacidade reprodutiva (produção de ovos e sobrevivência larval), o crescimento e o comportamento, provocando mudanças patológicas nos tecidos das brânquias, rins e fígado dos peixes. Segundo Farias (2006) muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Entretanto, para o ser humano o aspecto odor, e não a toxicidade, é que impõe seu limite para critérios de potabilidade. (SILVA; JARDIM, 2006). Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (LIMA, 2005).

Segundo a CETESB o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. A partir da relação entre essas

formas pode-se associá-las as etapas de degradação da poluição orgânica. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

O nitrogênio amoniacal se apresenta de duas formas dissolvidas: o amoníaco (mais tóxico) e íon amônio, cujas proporções dependem do pH, temperatura e da salinidade do ambiente. Altos valores de íon amônio são encontrados em ambientes anóxicos, onde ocorre intensa mineralização da matéria orgânica (PEREIRA, 2004). Por ser um nutriente limitante, o excesso de nitrogênio juntamente com o fósforo propiciam o processo de eutrofização das águas. Grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos diversos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (CETESB, 2011).

Além da amônia, o nitrato e o nitrito são considerados importantes indicadores de problemas ambientais devido ao uso exagerado de fertilizantes agrícolas. Naturalmente quase toda a água na natureza possui traços de nitratos. Em águas superficiais, raramente o nitrato excede 5 mg.L^{-1} , já nas águas subterrâneas estas concentrações podem chegar a 1000 mg.L^{-1} , devido à percolação dos nutrientes no solo. Essas concentrações podem aumentar pelo incremento da poluição por matéria orgânica ou, pelos fertilizantes e agrotóxicos carregados pelas águas das chuvas ou de irrigação (BRAILE, 1979).

Tanto o N-amoniacal como o N-nitrato estimulam o crescimento das plantas e organismos aquáticos (como as algas), mas em excesso pode desencadear a proliferação destes organismos (NBR 9896/1993). Quando encontrado em excesso, o íon nitrato, bem como o nitrito são indicativos de que há contaminação no corpo hídrico (NETO; KORN, 2006).

O carbono orgânico dissolvido (COD) é uma das principais formas de carbono orgânico exportado em rios e em outras vias hidrológicas preferenciais na bacia de drenagem (NETO, 2006). Ele é importante fonte de energia para sistemas terrestres e aquáticos (FISHER *et al.*, 1973) e, segundo Thurman (1985) contribui para acidez da água.

De acordo com Wiilley *et al.* (2000), no ciclo global do carbono os maiores fluxos de COD ocorrem entre atmosfera e sistemas aquáticos e terrestres através da

precipitação. As origens do COD presente na precipitação podem ser natural (emissão de compostos orgânicos pela floresta) ou antropogênica (emissão industrial, queima de biomassa, queima de combustíveis fósseis e pastagens).

O teor de sólidos representa a quantidade de substâncias dissolvidas na água, que alteram suas propriedades físicas e químicas. Altas concentrações deste parâmetro reduzem a passagem de luz, afetando organismos bentônicos e com isso, causam o desequilíbrio das cadeias tróficas (TAVARES, 2005).

Os coliformes totais constituem-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isoladas de solos poluídos e não poluídos, além de amostras de águas, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente (VON SPERLING, 1996). A presença de coliformes na água não representa, por si só, um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. Assim sendo, a medição do número de coliformes fecais em um corpo d'água é um indicador não só da contaminação por fezes de origem humana e animal, como também da possibilidade de coexistência de organismos patogênicos (SOARES e MAIA, 1999).

2.4 PRECIPITAÇÃO

A bacia hidrográfica é definida como área, ou conjunto de terras, drenada por um conjunto de rios e seus afluentes e limitada externamente pelos divisores topográficos. Na bacia hidrográfica existe uma única saída de água, denominada de exutório ou foz, desaguando em outro rio ou diretamente no mar (VILELLA, 1975).

Diariamente ecossistemas aquáticos sofrem ação de uma série de variáveis ambientais e humanas que são capazes de alterar toda a sua dinâmica natural, sendo a precipitação uma delas. A quantidade e periodicidade das mesmas são capazes de originar ambientes muito distintos (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Segundo Lima (2008), o comportamento hidrológico de uma bacia está relacionado, fundamentalmente, com a precipitação efetiva que produz escoamento direto. Este, por sua vez, está diretamente relacionado com a capacidade de infiltração da água no solo. Segundo Lima e Zakia (2004), escoamento direto é o

volume de água que causa o aumento rápido da vazão de microbacias durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva.

Para a hidrologia a chuva é considerada o tipo de precipitação mais importante devido sua capacidade de produzir escoamento. Entende-se precipitação como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. A determinação de sua intensidade é importante para o controle de inundação e erosão do solo. (TUCCI, 2002)

Segundo Margalef (2003), os sistemas fluviais são considerados abertos e contínuos, portanto recebem todas as características das áreas adjacentes de sua bacia de drenagem. Essa integração entre os rios e seus ambientes circundantes transforma-os numa unidade funcional mais equilibrada. Através do escoamento e percolação no solo da água proveniente das chuvas, os rios e riachos podem ter alterações em sua composição química devido ao carreamento de substâncias particuladas e solúveis. (NETO *et al.*, 1993).

2.5 ÍNDICE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

Os programas de monitoramento de águas superficiais se utilizam de índices de qualidade de água como uma alternativa para acompanhar a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo criando um painel geral da tendência de evolução da qualidade da água, e permitindo uma possível comparação entre cursos d'água diferentes (SANTOS, 2006).

Uma maneira de acompanhar a evolução da qualidade da água ao longo de um corpo aquático e do tempo é com a adoção de um índice de qualidade, pois desta maneira uma série de parâmetros é reduzida a um número, fazendo com que a comunicação entre profissionais e o público torne-se facilitada (GASTALDINI *et al.*, 2001)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) busca caracterizar a qualidade das águas superficiais brutas mediante as interferências causadas por lançamento de

esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, além da presença de nutrientes e sólidos, visando a utilização destas para o abastecimento público (ANA, 2009).

O IQA é um indicador de qualidade utilizado pela CETESB a partir de um estudo realizado em 1970 nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation. O IQA incorpora nove variáveis relevantes para a avaliação da qualidade da água (CETESB).

Essas variáveis foram escolhidas através de uma pesquisa de opinião, em que especialistas indicaram 35 parâmetros, dos quais os nove utilizados foram: oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez, sólidos totais, nitrato, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes e pH (IGAM, 2005). Para estes, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

As curvas de variação foram sintetizadas em um conjunto de curvas médias, para cada parâmetro avaliado e também seu peso relativo para o cálculo do índice. A avaliação da qualidade da água pelo IQA apresenta algumas limitações, pois não leva em consideração algumas variáveis importantes para o abastecimento público, como metais pesados, protozoários patogênicos, substâncias que possam alterar as propriedades organolépticas da água, entre outros (ANA, 2009). Caso não se disponha do valor de um dos nove parâmetros o cálculo do IQA torna-se inviabilizado.

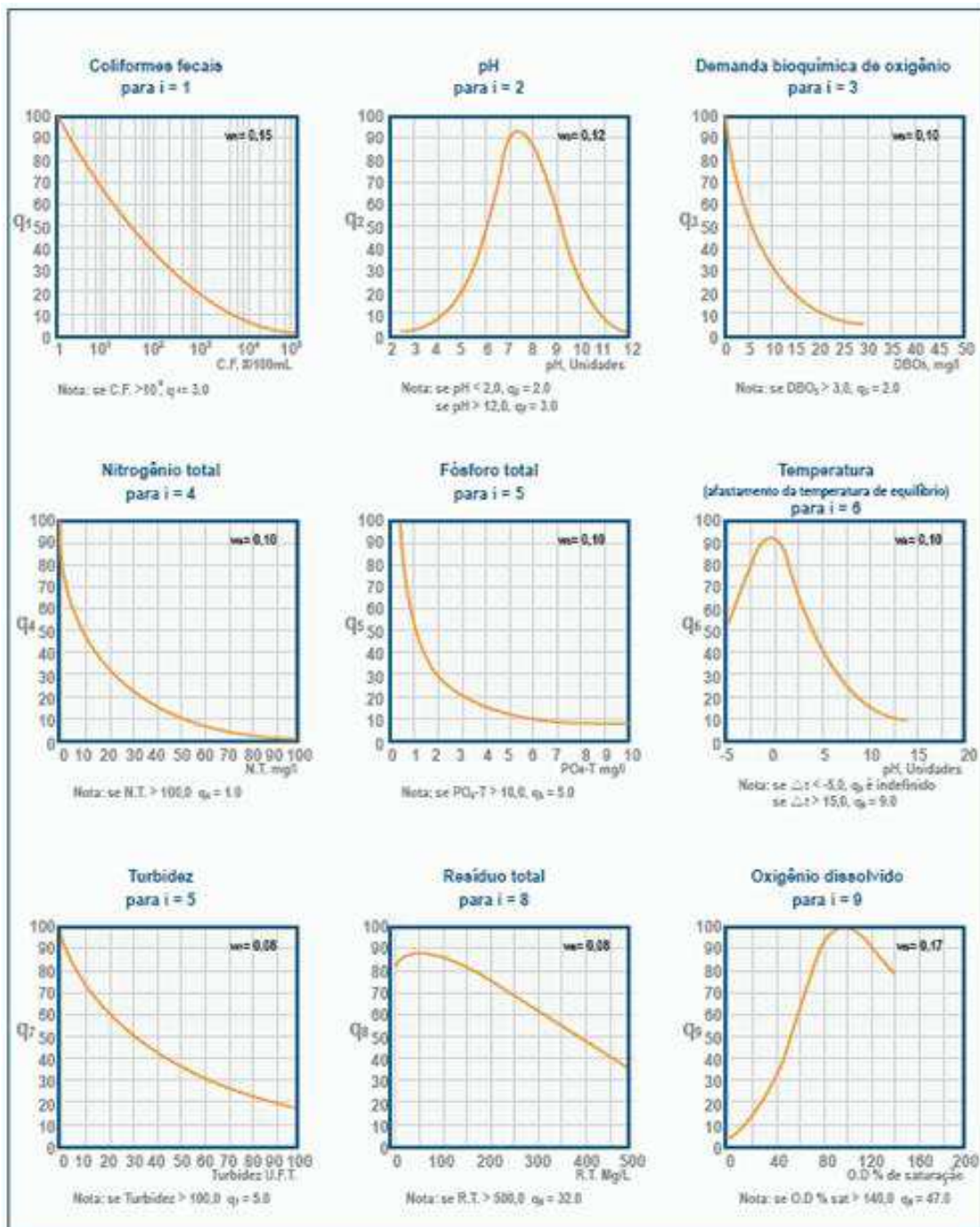


Figura 1 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2004.

O cálculo do IQA é feito por meio produtório ponderado das qualidades de água correspondente ao parâmetro, conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA – Índice de qualidade da água, em número de 0 a 100;

q_i = parâmetros de qualidade avaliados;

w_i =peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

De acordo com o valor resultante a ANA classifica um curso d'água conforme o quadro 1:

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$91 < IQA \leq 100$
Bom	$71 < IQA \leq 90$
Médio	$51 < IQA \leq 70$
Ruim	$26 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Quadro 1- Padrão de Qualidade da Água

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2009.

- Excelente (91 a 100): excelente para a manutenção da biologia aquática , abastecimento público e produção de alimentos, são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais e não recebem despejos de efluentes e não sofrem processos de degradação (RACANICCHI, 2002).
- Bom (71 a 90): águas que se mantêm em condições naturais, todavia possam receber em alguns pontos, pequenas ações de degradação, que não comprometem a qualidade para a manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).
- Médio (51 a 70): águas encontradas em rios que sofrem interferência e degradação, mas que ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para manutenção da biologia aquática e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).
- Ruim (26 a 50): águas de rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade para o abastecimento público, manutenção da biologia aquática e produção de alimentos (RACANICCHI, 2002).

- Péssima (0 a 25): águas encontradas em rios que sofrem grave interferência e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia (RACANICCHI, 2002)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 REGIÃO DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Bacia do Altíssimo Iguaçu que compreende o complexo hídrico situado na Região Metropolitana de Curitiba, que vai desde as nascentes do Rio Iguaçu, até o início de suas corredeiras na cidade de Porto Amazonas. Esta região encontra-se na divisa entre o primeiro e o segundo planaltos paranaenses, em que o Rio Iguaçu corta a escarpa Devoniana (MAACK, 2004). A crescente poluição nas cabeceiras do Rio Iguaçu, um dos principais mananciais de abastecimento da RMC é um problema cuja gravidade vem ganhando grandes proporções, com consequências que afetam toda a população (SANEPAR).

A principal ameaça à qualidade da água dos mananciais da região é a expansão urbana em direção às áreas de proteção ambiental na RMC. No código legal brasileiro existem leis de proteção para as referidas áreas desde a década de 70, porém antes da criação destas leis foram aprovados inúmeros loteamentos sem qualquer planejamento e infra-estrutura de tratamento de água e esgoto, fazendo uma pressão aos recursos naturais da localidade. (SANEPAR)

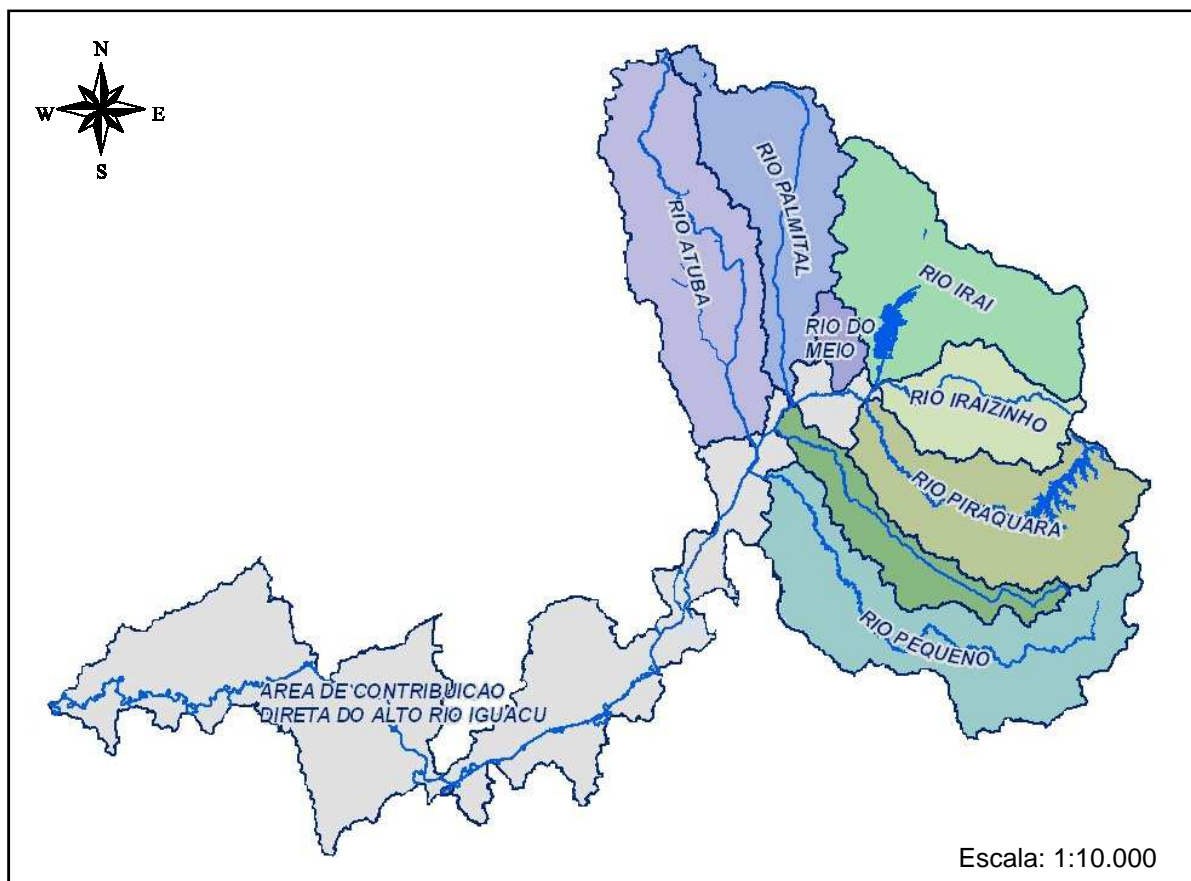


Figura 2– Mapa das Sub-bacias do Altíssimo Iguaçu.

Fonte: SUDERHSA, 2000 (Adaptado).

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos de coleta dos rios Atuba, Iraí e Pequeno

Rios	Ponto	Coordenadas	
Atuba	Ponto 1	25°27'54.4"S	49°11'25.38"O
	Ponto 2	25°28'26.97"S	49°11'7.67"O
Iraí	Ponto 1	49°08'33.70"S	25°26'39,97"O
	Ponto 2	49°10'16"S	25°27'15"O
	Ponto 3	49°07'18"S	25°27'03"O
Pequeno	Ponto 1	49°09'27"S	25°29'53"O
	Ponto 2	49°10'13"S	25°29'09"O
	Ponto 3	49°10'49"S	25°29'07"O

Fonte: Autoria Própria.

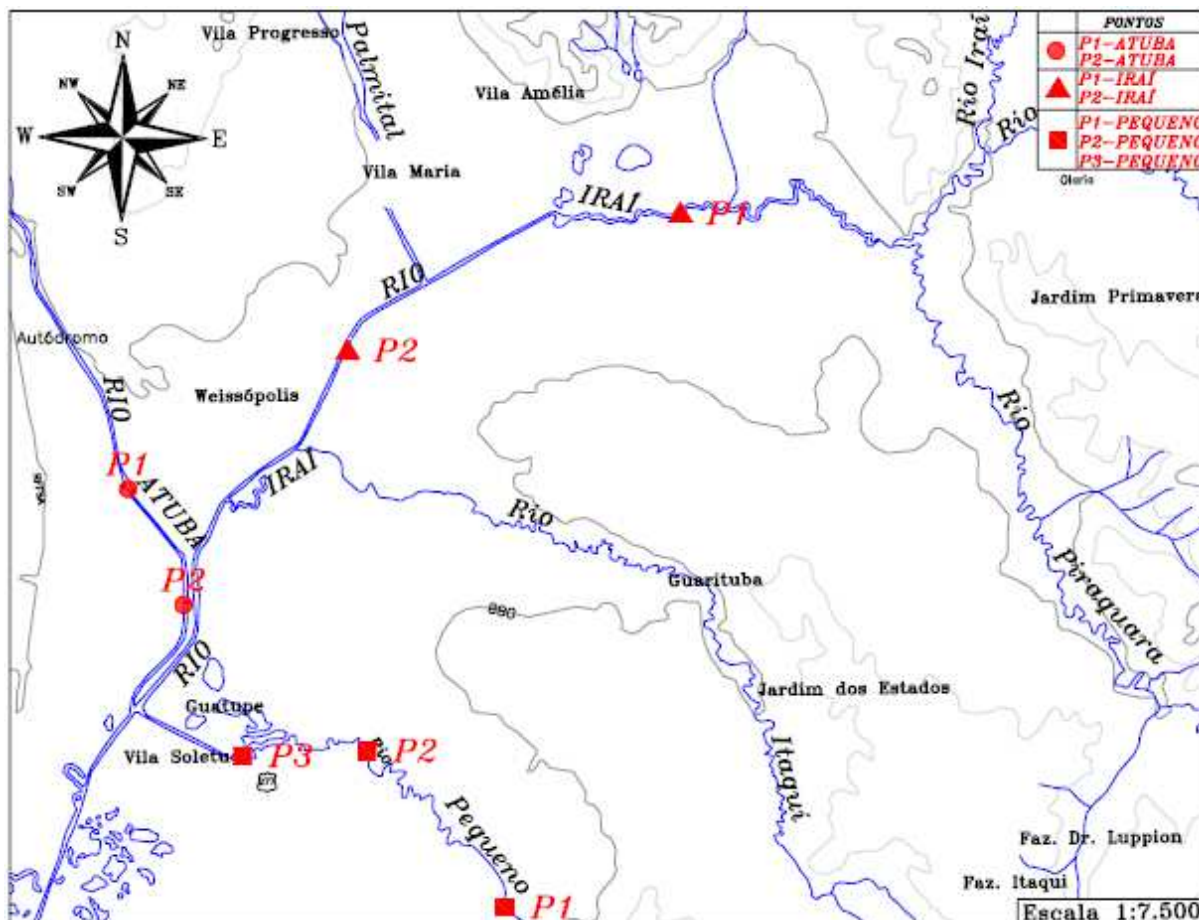


Figura 3 – Mapa ilustrativo dos pontos de coleta dos rios Atuba, Iraí e Pequeno
Fonte: COMEC, 1976 (Adaptado).

3.1.1 Bacia do Rio Atuba

A bacia hidrográfica do rio Atuba possui uma área de drenagem total de 127,43 km², é afluente da margem direita do rio Iguaçu, suas nascentes estão localizadas na região serrana do Açungui, no Primeiro Planalto Paranaense, próximo à sede municipal de Colombo (NUNES *et al.*, 2006).

Ao longo de quase toda sua extensão foi possível verificar o processo de urbanização acelerada, sendo considerada a segunda bacia mais urbanizada da RMC, apresentando boa parte de seu baixo e médio curso canalizado com trechos retificados (NUNES, FIORE 2007). Dado seu alto grau de degradação o rio Atuba não é mais utilizado para captação. A entrada do rio Atuba na cidade de Curitiba acontece na região norte da cidade, no bairro Santa Cândida, o rio possui cerca de 23 km de extensão ao longo do município. Devido ao grande volume de esgoto

doméstico encaminhado para o rio ele possui grande carga de poluição, causada principalmente pela falta de ordenamento territorial em suas margens, prejudicando a vegetação ripária, levando ao assoreamento do seu leito. O rio Atuba ao unir-se com o rio Iraí forma o rio Iguaçu na BR-277 (IAP, 2009).

A área de estudo encontra-se no domínio climático Cfb, da classificação de Köppen, descrito como clima úmido, sem estação seca. (IAPAR, 1994).

Para o estudo dois pontos de coleta foram avaliados, o ponto 1 e o ponto 2, cujas coordenadas constam na tabela 1.

3.1.2 Bacia do Rio Iraí

A bacia do Rio Iraí possui uma área de 113 km², a qual está protegida através de uma Área de Proteção Ambiental (APA), e conta com o reservatório do Iraí com vazão de 1800L/s. A barragem localiza-se entre os municípios de Pinhais, Piraquara e Quatro Barras. Sua capacidade de armazenamento de água bruta é de 52,5 milhões de m³ em uma área inundada de 14,6 km². O principal uso do reservatório é o abastecimento público da RMC, atingindo mais de 1 milhão de pessoas, mas também funciona como controle das cheias (IAP, 2009). A bacia sofre a influencia direta da conurbação da RMC, pois sua área está cortada pelas rodovias BR-116 e pelo Contorno Leste, sendo muito afetado pelo crescimento industrial e pela ocupação urbana irregular (ANDREOLI *et al.*, 2000).

O clima da região, segundo Köppen, é subtropical mesotérmico úmido (Cfb), com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C, temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e sem estação seca definida. A média anual da umidade relativa do ar está em torno de 81%, e a precipitação média anual está entre 1400 a 1500 mm. (IAPAR, 1994).

Para o estudo três pontos de coleta foram utilizados, ponto 1, ponto 2 e ponto 3 cujas coordenadas estão contidas na tabela 1.

3.1.3 Bacia do Rio Pequeno

A bacia do rio Pequeno localiza-se na região do Primeiro Planalto Paranaense é afluente da margem esquerda do rio Iguaçu, e possui uma área de drenagem próxima de 130 km², a principal porção está situada na Bacia Sedimentar de Curitiba, tendo como limites: ao norte a bacia do rio Itaqui, ao sul a bacia do rio Miringuava, a leste o relevo da Serra do Mar e a oeste o rio Iguaçu (CHUEH *et al.*, 2005).

O rio Pequeno corre no sentido leste-oeste, com uma vazão de 630 L/s. Sua bacia está completamente localizada no município de São José dos Pinhais, sendo que a porção sudeste encontra-se próxima da sede municipal e é um dos principais focos de expansão urbana. Encontra-se uma maior densidade populacional nas áreas próximas ao Aeroporto Afonso Pena e às margens da rodovia BR-277 e Contorno Leste. Por ser uma área com grande ocupação habitacional, o sistema de esgotamento sanitário deveria ser completo. Porém, apenas 56,61% dos domicílios são atendidos pelo serviço, e a coleta de lixo atende a 93,35%. A região, mais a montante da bacia, possuem boa cobertura florestal, porém encontram-se a ocorrência de agricultura de subsistência e pequenas indústrias, como abatedouros de aves (IAP, 2009).

Segundo a classificação de Koppen, a Bacia do Rio Pequeno apresenta o tipo climático Cfb, subtropical úmido, não apresentando estação seca, possuindo verões frescos e com ocorrências de geadas no inverno. A distribuição das chuvas é irregular, se concentrando no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro, e diminuindo o período chuvoso em junho, julho e agosto. A precipitação média da região é de 1440 mm (IAPAR, 1994).

Para o estudo, três pontos de coleta foram utilizados, ponto 1, ponto 2 e ponto 3, cujas coordenadas contam na tabela 1.

3.2 AMOSTRAGENS

O estudo foi realizado com base nos dados físicos e químicos obtidos pelo Laboratório de Ensino e Pesquisa em Resíduos (LEPER), da UTFPR, ao longo do ano de 2010, em que foram monitorados os rios Atuba, Iraí e Pequeno.

Foram realizadas coletas trimestrais para os corpos d'água avaliados, que ocorreram nos dias 8 (oito) de fevereiro, 4 (quatro) de maio, 3 (três) de agosto e 16 (dezesesseis) de novembro de 2010.

A água utilizada para as análises físicas e químicas foram coletadas em garrafas tipo Van Dorn. Os materiais e vidrarias utilizados na realização das coletas foram descontaminados com ácido clorídrico 5%, e em seguida lavados com água deionizada. Foram realizadas amostragens superficiais e as amostras obtidas foram mantidas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, o qual disponibiliza de geladeiras para a refrigeração até o momento das análises.

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Este órgão possui duas estações pluviométricas: uma localizada em Curitiba, em que foram retiradas informações a cerca dos rios Atuba e Pequeno; e outra estação localizada em Pinhais, da qual foram obtidos os dados do rio Iraí.

3.3 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Nos locais de coleta foram realizadas as medições da temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido com uma sonda multiparâmetros da marca Hanna, modelo HI9828. A turbidez, também realizada em campo, foi medida com o equipamento da marca Hanna, modelo HI98703.

As análises físicas e químicas da água foram realizadas em amostras *in natura* e filtradas, utilizando-se membranas Millipore de éster de celulose, 0,45 µm. As análises de todos os parâmetros foram determinadas no Laboratório de Ensino e

Pesquisa em Resíduos (LEPER), exceto DBO e Coliformes Totais que foram determinadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

A concentração do fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) foi determinada após a digestão com os ácidos $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ e aplicando-se o método espectrofotométrico da reação com molibdato/ácido ascórbico. O ortofosfato foi determinado pelo método do ácido ascórbico, que se baseia na reação do molibdato de amônio e do antimonil tartarato de potássio com o ortofosfato, em meio ácido, para formar o ácido fosfomolibdico, que reduz a intensidade do azul de molibdênio na presença do ácido ascórbico.

O nitrato foi determinado utilizando-se o método de redução por cádmio, no qual o nitrato é reduzido a nitrito na presença do metal cádmio, numa coluna, previamente tratado com CuSO_4 (APHA, 1992).

Na determinação dos Sólidos Totais (ST) foi utilizado o método 2540B descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998).

A análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) foi realizada pelo método de incubação com diluição. Os Coliformes Totais foram determinados pelo método dos tubos múltiplos. Ambas as análises foram realizadas pelo IAP.

Para a análise da amônia foi utilizado o método do fenol, no qual há formação do indofenol, pela reação da amônia com hipoclorito e fenol, catalisada por nitroprussiato de sódio. Os valores de carbono orgânico dissolvido (COD) foram obtidos através do aparelho HiPerTOC (Total Organic Carbon Analyzer) da marca ThermoScientific.

3.4 ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

A partir dos resultados obtidos nas análises realizadas pelo LEPER e pelo IAP, fez-se a avaliação dos corpos aquáticos estudados, comparando os valores observados no estudo com os limites impostos pelo CONAMA 357, que 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 dá outras providências (CONAMA 357, 2005). Para esta avaliação foram

selecionados seis parâmetros: coliformes totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrato e fosfato. Após a seleção dos parâmetros foram construídos gráficos para o rio Atuba, Iraí e Pequeno mostrando a variação da concentração ao longo do ano de 2010.

3.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NOS PARÂMETROS LIMNOLOGICOS

Para esta análise foram construídos gráficos para cada parâmetro, os quais apresentam precipitações diárias e as concentrações do respectivo parâmetro para o ponto selecionado para cada rio. A título de comparação, os três rios estão presentes no mesmo gráfico.

Foi considerada a precipitação diária compreendida pelo período de 01/01/2010 à 27/12/2010 e as quatro coletas realizadas em cada rio analisado.. Selecionou-se o ponto 1 (um) para os Rio Atuba, 2 (dois) para Rio Iraí e o 2 (dois) para o Rio Pequeno, por apresentarem, de forma geral, um valor não discrepante em relação aos outros pontos para os parâmetros avaliados Os parâmetros limnológicos utilizados foram Oxigênio Dissolvido, amônia, nitrato, DBO, COD e ortofosfato.

Para verificar a correlação procedeu-se a análise estatística ANOVA, para um parâmetro realizada no programa Microsoft Office 2007 Excel 2007. Considerou-se a média da precipitação dos cinco dias anteriores à data coleta para melhor representatividade dos efeitos da chuva.

3.6 CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

O cálculo do IQA baseou-se na metodologia proposta pelo IGAM (2005), a cada parâmetro representativo foi atribuído um peso, listado na tabela 2.

Tabela 2 - Peso dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio Dissolvido - OD (%OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
Ph	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2009.

A partir das análises dos parâmetros, realizadas no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Resíduos (LEPER), foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade das Águas, pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondente ao parâmetro. A partir dos valores obtidos no cálculo do IQA estes foram classificados de acordo com os valores propostos pela ANA, 2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRECIPITAÇÃO

A figura 4 ilustra o histórico das precipitações registradas na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais no ano de 2010. De acordo com o gráfico observou-se uma distribuição de chuvas irregular, com maior concentração no trimestre de dezembro a fevereiro, diminuindo a ocorrência no período de inverno (junho a setembro). A precipitação média anual é de 2366,2 mm. Os meses de maior precipitação coincidem com o verão, e os valores são em média pelo menos cinco vezes (929 mm) maiores que os observados nos meses mais secos, no inverno (182,8), sendo julho e setembro os meses de menor precipitação média.

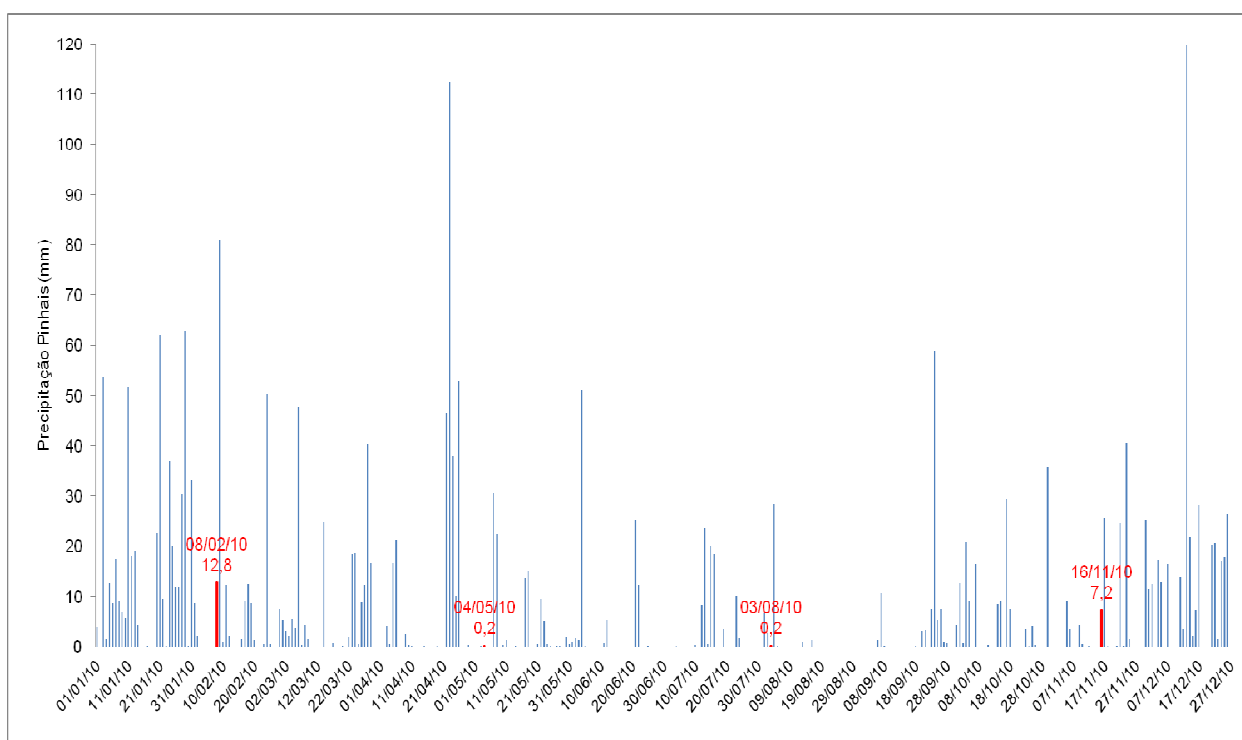


Figura 4 - Histórico das precipitações registradas na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais no ano de 2010.

Fonte: Autoria própria

4.2 ESTUDO DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

4.2.1 Rio Atuba

A figura 5 mostra a variação dos coliformes totais no rio Atuba durante o período estudado. O rio é classificado como classe 2 (SUREHMA n. 20/1992), de acordo com as classes do CONAMA 357. Esta Resolução determina que a concentração de coliformes totais para tal classe não deverá ser superior ao limite de 1000 (NMP/100 mL). O gráfico deixa claro que ambos os pontos avaliados encontram-se fora dos padrões da Resolução, sendo que o mínimo encontrado foi 35.000 (NMP/100mL) na coleta realizada em fevereiro no ponto 1, chegando ao limite máximo de 35.000.000 (NMP/100mL) em novembro no ponto 2. A maior concentração observada de coliformes totais para o ponto 2, é condizente com as características deste ponto de coleta, que está a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto Atuba (ETE Atuba-Sul), então as cargas de dejetos humanos é mais elevada.

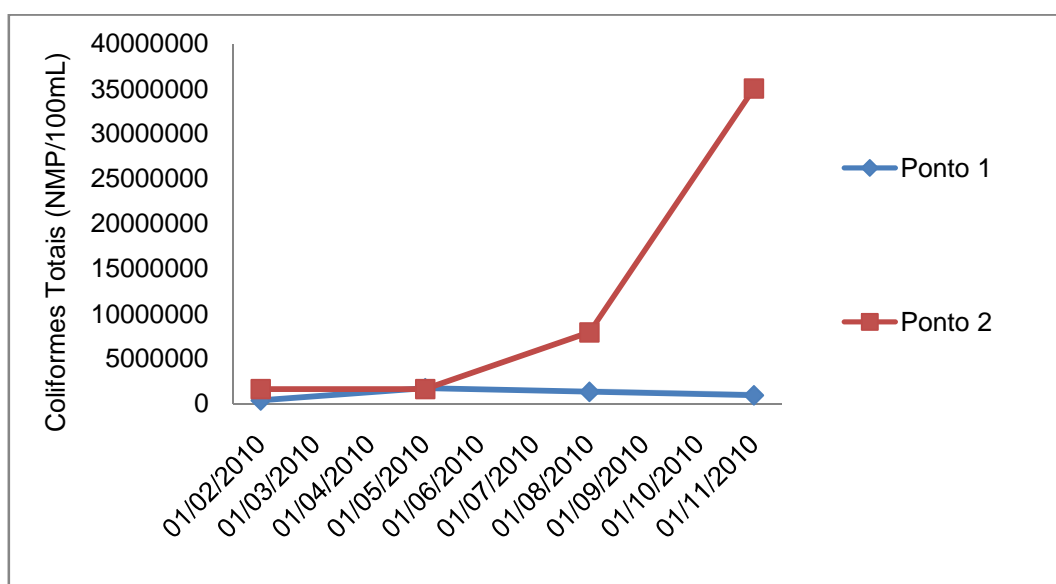


Figura 5 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba.

Fonte: Autoria própria.

A figura 6 mostra a variação da concentração de oxigênio dissolvido no rio Atuba, para o ponto 1 essa variação foi de 4,27 mg/L (coleta realizada em fevereiro) a 2,49 mg/L (novembro), e para o ponto 2 foi observada a variação de 4,53 mg/L (fevereiro) a 3,32 mg/L (novembro), com o valor mínimo registrado em maio (1,28 mg/L). Este rio apresentou os piores valores para a concentração de oxigênio dissolvido em suas águas, indicando uma grande carga poluidora de origem antrópica, e reduzindo seu nível de qualidade. Quanto à legislação, houve a observação de apenas uma amostra cujo resultado foi satisfatório (ponto 2, coleta 3: 5,68 mg/L), as demais amostras violaram os padrões estabelecidos (sempre maior ou igual a 5 mg/L), confirmando o alto nível de degradação das águas do rio Atuba.

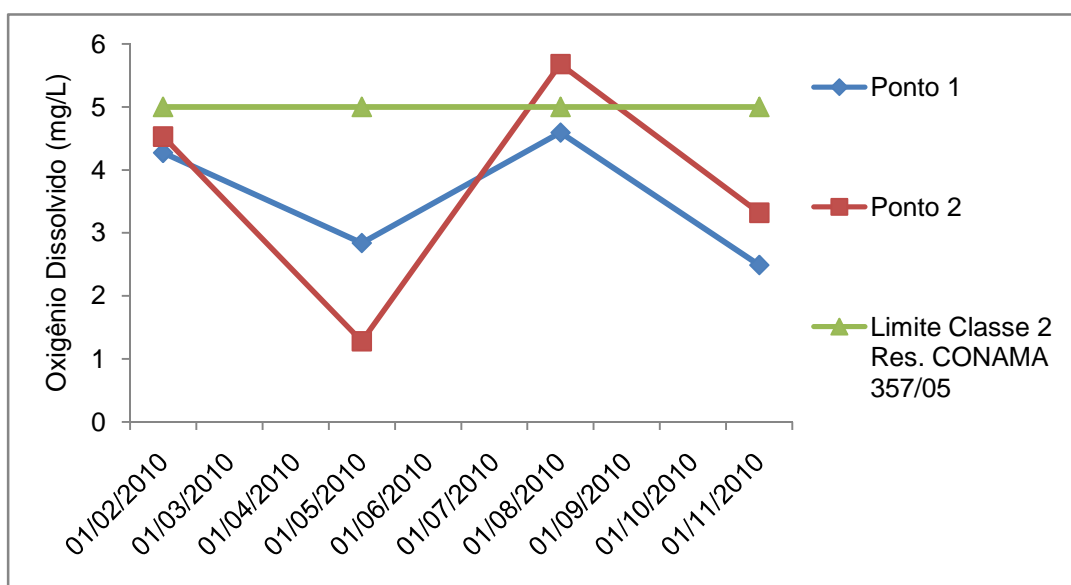


Figura 6 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Na figura 7 pode-se observar a mudança da demanda bioquímica de oxigênio do rio Atuba, para que seja considerado classe 2 a DBO_5 não deve ultrapassar a faixa de 5 mg/L. O gráfico mostra que em somente um momento e apenas um ponto, o Atuba esteve enquadrado na classe 2. Apenas na coleta realizada em maio, no ponto 1 a DBO_5 foi 3,7 mg/L, dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357. Nas demais amostragens todos os valores foram superiores ao limite. Chegando ao máximo observado de 81,00 $mg.L^{-1}$ em novembro

no ponto 2, ilustrando a influência negativa da ETE Atuba-Sul à qualidade das águas do rio Atuba.

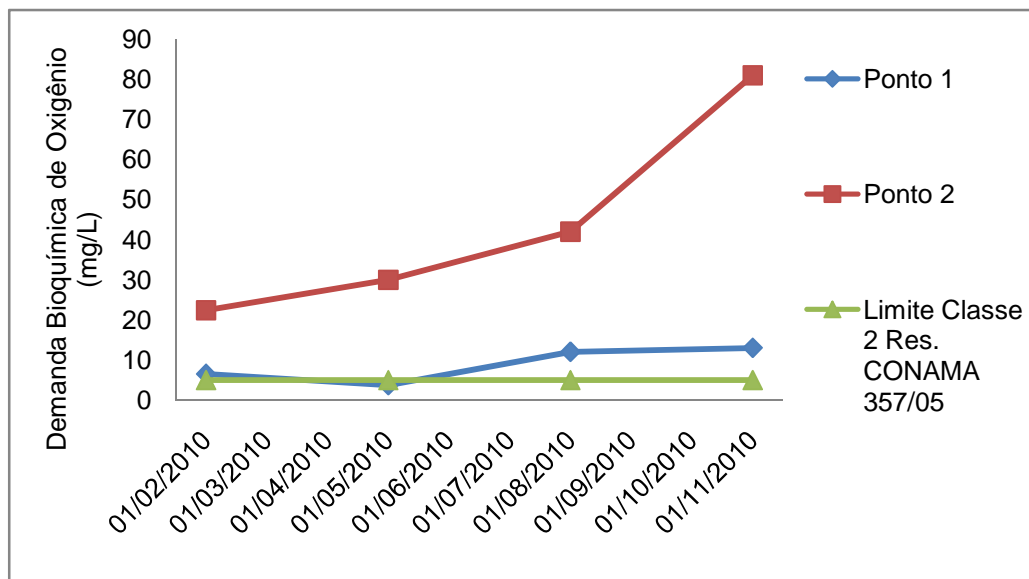


Figura 7 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Os dados representados pela figura 8 mostram a variação da concentração de nitrato nos pontos estudados no rio Atuba. De acordo com o CONAMA 357 a concentração máxima permitida para rios classe 2 é de 10 (mg/L). No ponto 2, a variação foi de 0,201 (mg/L) e 0,507 (mg/L), não ultrapassando a Resolução. Já no ponto 1 a variação observada esteve entre 1,718 (mg/L) e 0,677 (mg/L), também enquadrando-se nos padrões estabelecidos.

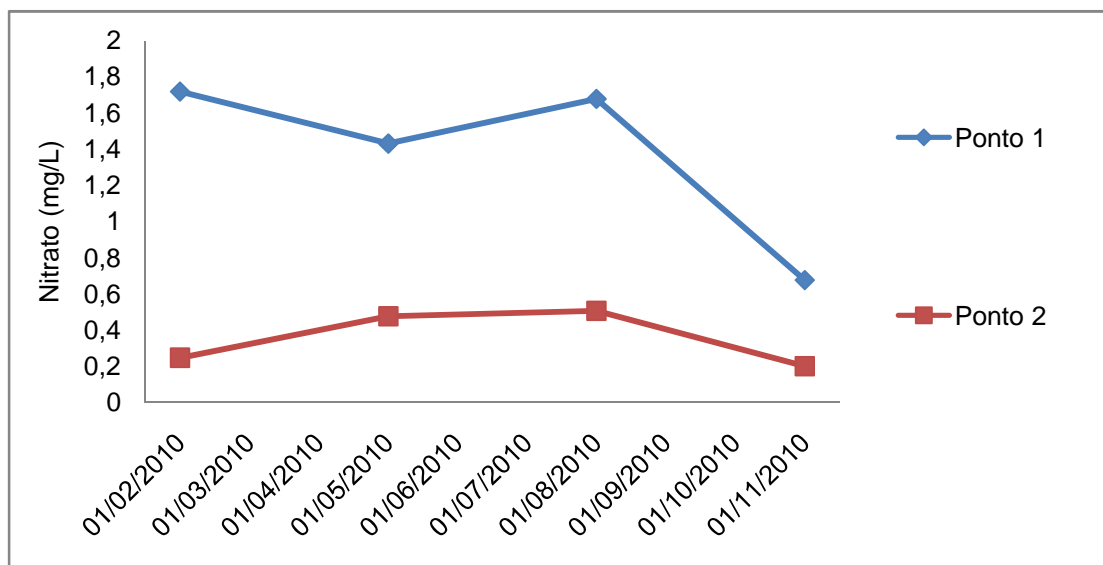


Figura 8 - Variação da concentração do nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba.

Fonte: Autoria própria.

A figura 9 revela as concentrações encontradas de nitrogênio amoniacal no rio Atuba. O CONAMA 357 delimita a concentração para N-amoniacoal em: 3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ e 0,5 mg/L para $\text{pH} > 8,5$. O pH para rio Atuba enquadra-se na primeira classe ($\text{pH} \leq 7,5$), logo a concentração máxima permitida para nitrogênio amoniacal é 3,7 mg/L, todavia, apenas as amostras das coletas realizadas em fevereiro e em agosto no ponto 1 conseguem enquadrar-se nos limites permitidos, as demais extrapolam o padrão estabelecido chegando a atingir a concentração de 50,80 mg/L na coleta 4, e 29,08 mg/L (coleta 1) no, ponto 2. Este ponto sempre apresentou altos valores para nitrogênio amoniacal por estar localizado logo após a ETE Atuba-Sul, que utiliza um sistema anaeróbio de tratamento (Reator Anaeróbio de Manto de Lodo e Fluxo ascendente – RALF), onde não há a degradação de nutrientes, mas sim a transformação de nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, forma mais reduzida do nitrogênio.

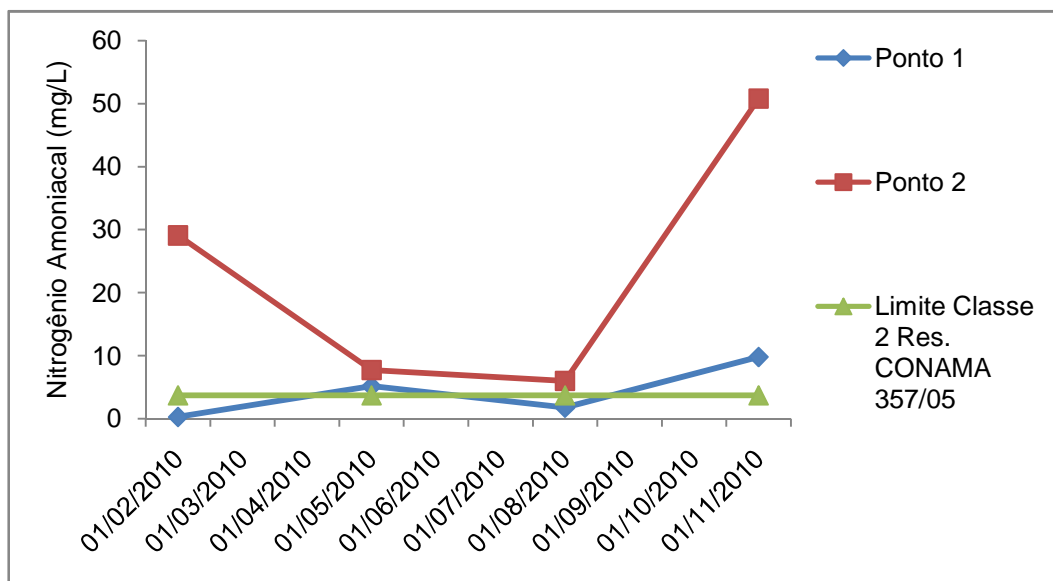


Figura 9 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Na figura 10 observa-se o conjunto de dados que representa a concentração de ortofosfato para o rio Atuba. De acordo com a Resolução CONAMA 357, rios classe 2 concentrações de até 0,050 (mg/L) de fósforo são permitidas. O gráfico demonstra a total descaracterização do rio Atuba para com a classificação dada pela SUREHMA. Em apenas uma ocorrência foi encontrada concentrações condizentes com a norma, a primeira coleta no ponto 1 ($\text{PO}_4^{3-} = 0,045 \text{ mg/L}$). As demais coletas apresentam valores que extrapolam muito o limite estabelecido, com concentrações chegando a 14,003 (mg/L) na coleta realizada em agosto, no ponto 2. Um dos motivos que contribuem para que este ponto apresente alta carga de ortofosfato é a grande quantidade de resíduos de sabão e detergentes, ricos em fosfatos inorgânicos, que entram no ponto 2 em função da estação de esgoto e que durante o processo de tratamento anaeróbio, não existe a degradação deste nutriente.

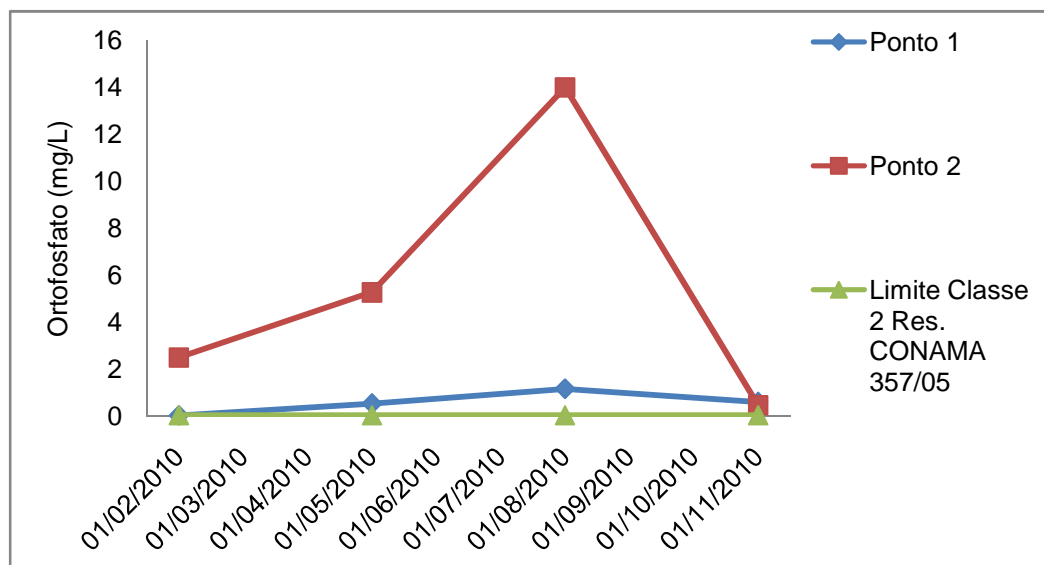


Figura 10 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1 e P2 do rio Atuba e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Rio Iraí

A figura 11 caracteriza a variação da presença de coliformes totais no rio Iraí. Assim como o rio Atuba, o rio Iraí também é classificado como classe 2 de acordo com a Portaria SUREHMA n. 20/1992 e mostra-se inadequado às normas estabelecidas pelo CONAMA 357 (1000 NMP/100mL). O mínimo encontrado para coliformes totais foi 7.900 (NMP/100mL) para a coleta realizada em novembro, no ponto 2, menor valor encontrado para todos os rios, e o máximo foi 22.000.000 (NMP/100mL), na mesma coleta, porém no ponto 3. O ponto 1 foi o que apresentou as menores concentrações de coliformes ao longo do ano de 2010, condizente com as características da região em que se encontra, área de menor concentração populacional, próximas à sua nascente.

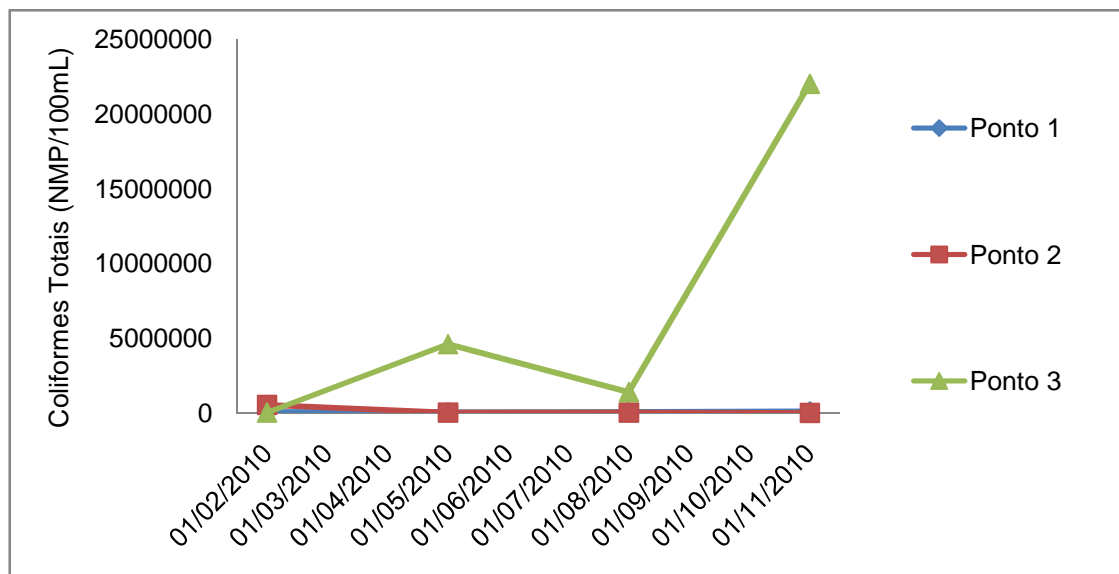


Figura 11 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí.

Fonte: Autoria própria.

A figura 12 mostra a variação da concentração de oxigênio dissolvido no rio Iraí no período avaliado. Apenas 33,33% das amostras alcançaram os valores previstos para Oxigênio dissolvido pelo CONAMA 357. As baixas concentrações observadas podem estar relacionadas com despejos de origem orgânica no corpo d'água. O melhor resultado encontrado foi de 8,82 mg/L na coleta de agosto no ponto 2 e a pior foi observada no ponto 3, em que a concentração atingiu 2,49 mg/L. Assim como para os coliformes totais, o ponto 1 também apresentou o melhor desempenho ao longo do ano de 2010 com relação ao oxigênio dissolvido, estando abaixo do padrão estabelecido pelo CONAMA 357/05 apenas na coleta 2.

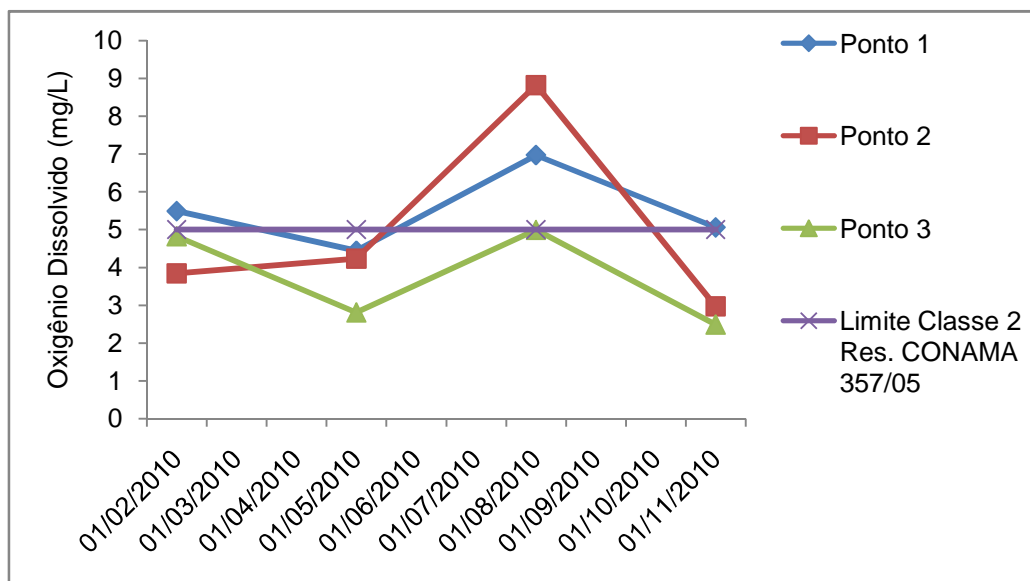


Figura 12 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

A figura 13 apresenta o gráfico do parâmetro DBO 5 dias para o rio Iraí, nos pontos de coleta. O rio Iraí apresentou resultados medianos, quando comparados aos demais rios estudados. Com relação ao rio Atuba seus valores estão muito melhores, mostrando mais dados dentro do padrão para rios classe 2,. Porém ainda é possível encontrar pontos em que o limite de 5 (mg/L) é excedido, como no ponto 3, local onde somente a primeira coleta enquadrou-se na norma (3,0 mg/L), indicando um maior consumo de oxigênio neste ponto, podendo significar que existe a entrada de carga poluidora de origem antrópica.

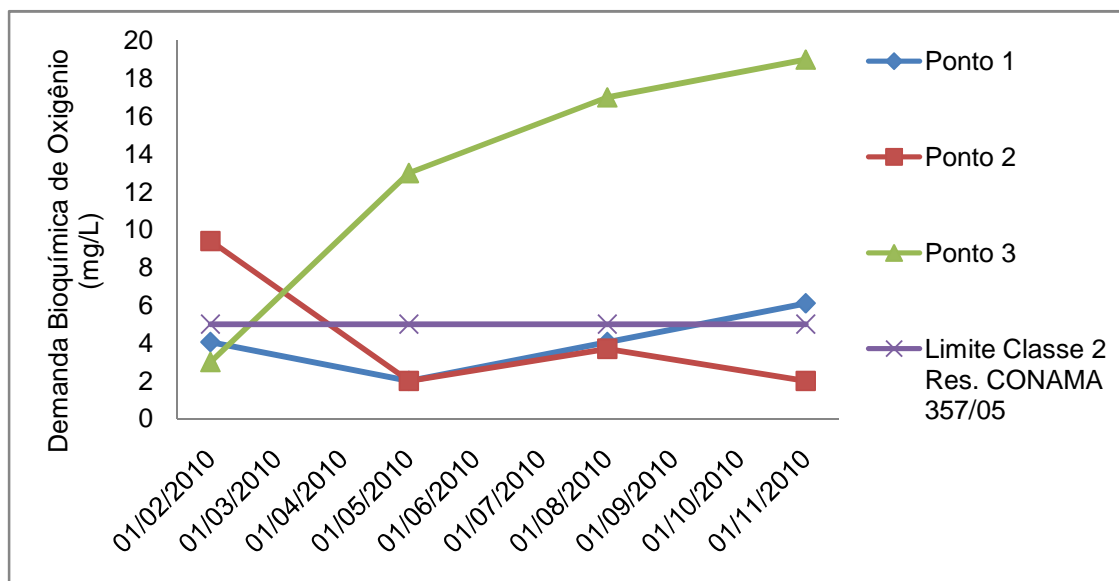


Figura 13 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Na figura 14 observa-se a representação da variação da concentração do nitrato no rio Iraí. No ponto 1 a concentração apresentou o pico máximo do rio com valor igual à 1,048 (mg/L) em maio e obteve o mínimo de 0,360 (mg/L) em novembro. No ponto dois a concentração foi decaindo ao longo do tempo, sua variação foi de 0,758 (mg/L) até 0,157 (mg/L). E o ponto 3 foi o que mostrou a menor concentração de nitrato dentre os pontos avaliados para o rio Iraí, com uma concentração de 0,131 (mg/L) na última coleta realizada. Durante as quatro coletas feitas não foram observadas ocorrências de concentração maior que 10,0 (mg/L), limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

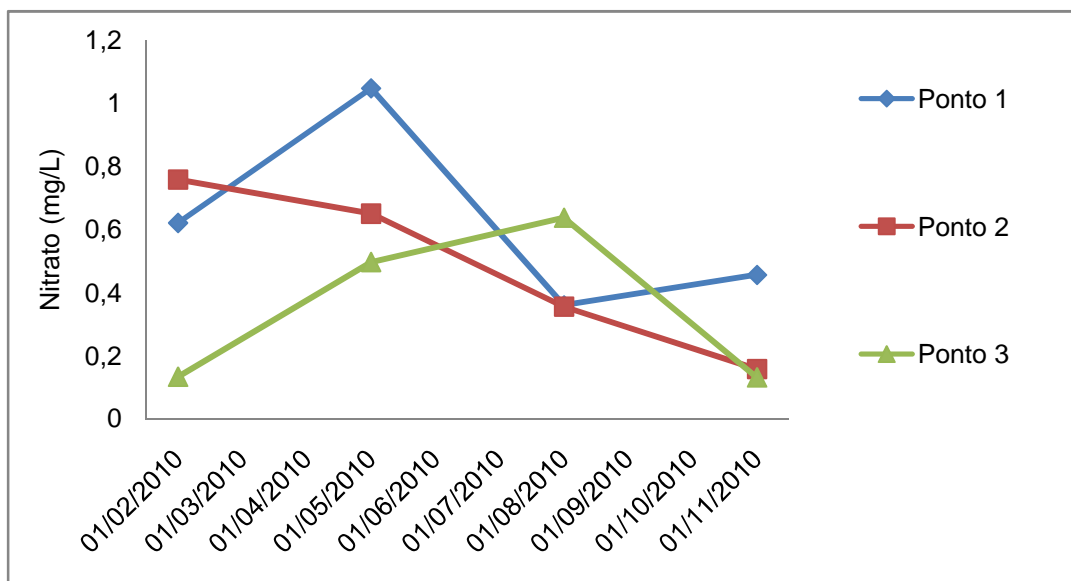


Figura 14 - Variação da concentração de nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05..

Fonte: Autoria própria.

Os dados apresentados na figura 15 mostram a variação da concentração de Nitrogênio amoniacal nas coletas realizadas no rio Iraí. Nos pontos um e dois, 100% das amostras estiveram dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA 357 (3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$). Já o ponto três ultrapassa os valores previstos pela norma em 75% das amostragens realizadas, apenas a coleta feita em fevereiro atingiu valores satisfatórios, as demais coletas apresentaram resultados acima do limite, indicando a entrada de material de origem antrópica orgânica, em especial, efluentes domésticos recentes.

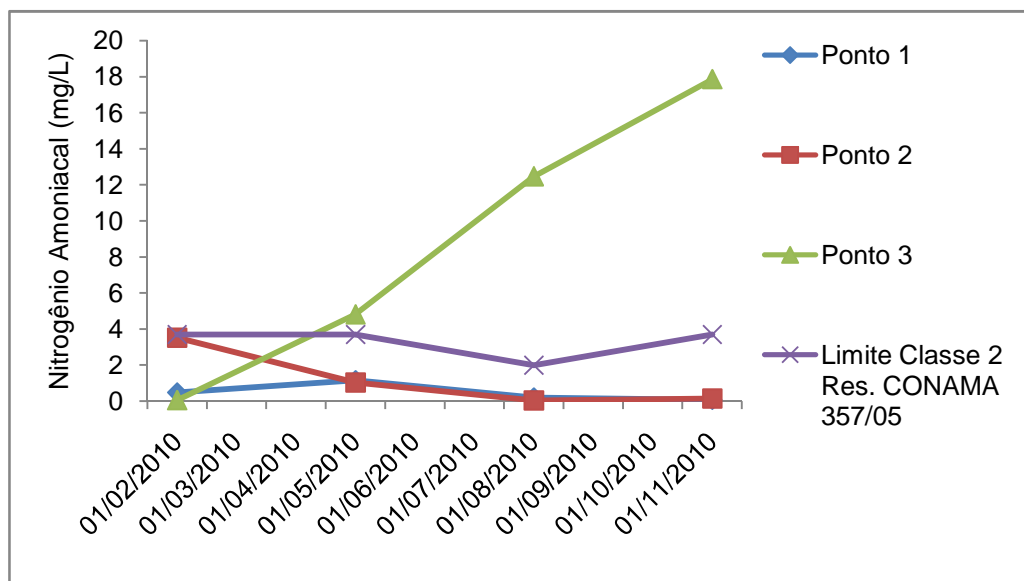


Figura 15 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Os dados de concentração do ortofosfato encontrados para o rio Iraí estão representados na figura 16. O ponto 1 esteve sempre nos limites estabelecidos, suas concentrações ficaram na faixa de 0,0478 (mg/L). O ponto 2 em quase todos os períodos avaliados esteve acima do limite permitido, apenas na última coleta mostrou concentração igual à 0,0140 (mg/L). Já o ponto 3 na coleta realizada em agosto ($\text{PO}_4^{3-} = 0,0289$ mg/L) conseguiu ficar no limite estabelecido pela norma, nas demais coletas apresentou valores acima da mesma, sendo o ponto com as maiores concentrações observadas, indicando, que dentre os três pontos avaliados, o ponto 3 foi o que apresentou maior influência em suas águas pela atividade poluidora antrópica.

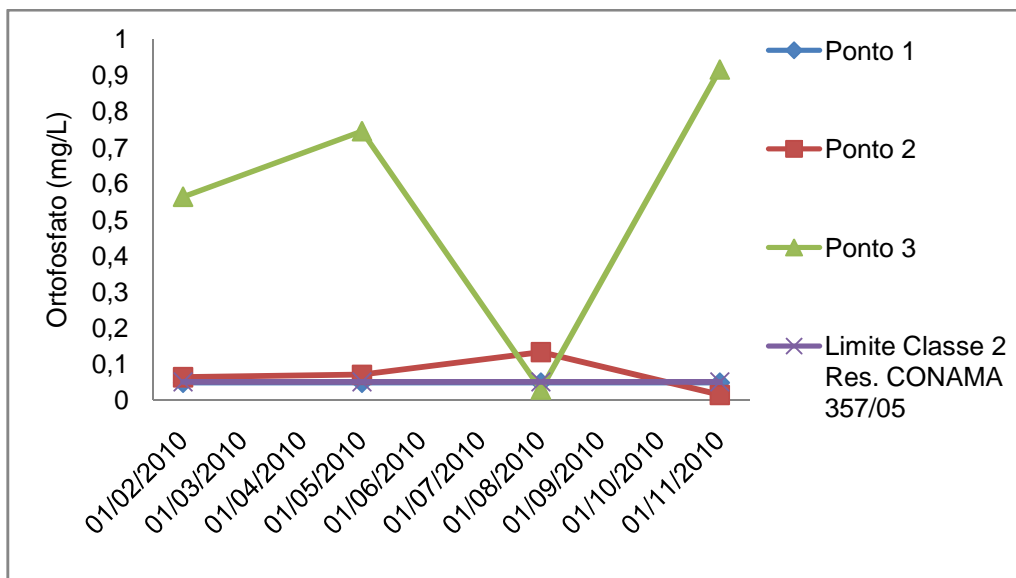


Figura 16 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Rio Pequeno

A figura 17 representa a presença de coliformes totais no rio Pequeno e sua variação ao longo do período estudado. Assim como os demais rios este também está classificado como pertencente à classe 2. O rio Pequeno foi o que apresentou os menores em geral valores dentre os três rios estudados, porém ainda encontra-se fora dos padrões do CONAMA 357/05 (1000 NMP/100mL). O valor mínimo atingido foi 28.000 (NMP/100mL) na coleta feita em agosto, no ponto 3 e máximo de 540.000 (NMP/100mL) na coleta 1 no ponto 2.

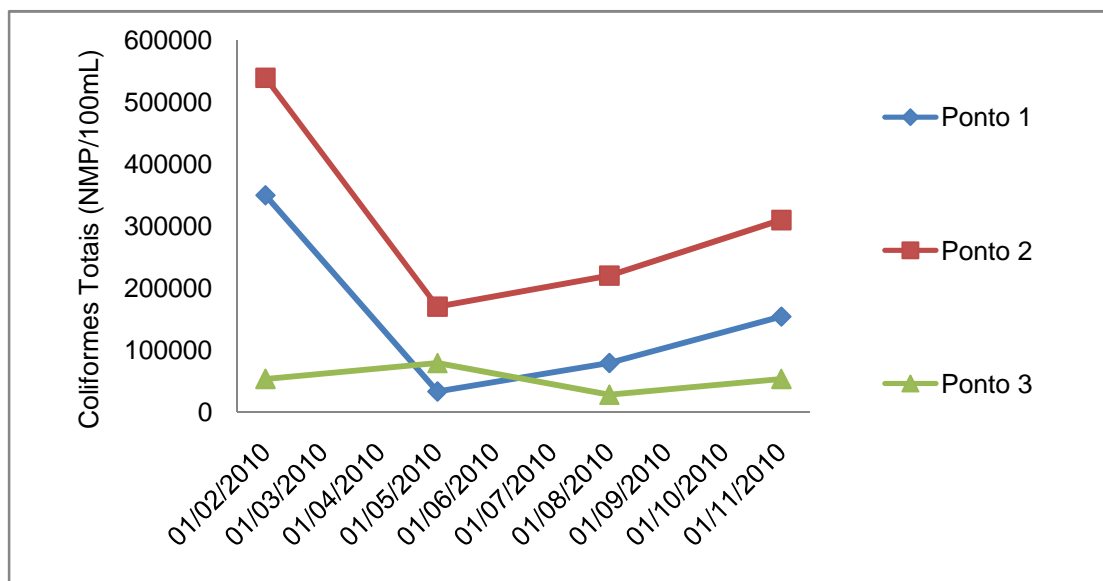


Figura 17 - Variação da concentração de coliformes totais nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno.

Fonte: Autoria própria.

Na figura 18 está a variação da concentração de oxigênio dissolvido do rio Pequeno. Os pontos dois e três violaram os padrões estabelecidos para águas doces Classe 2 (dois) pelo CONAMA 357 (4,21 mg/L e 4,32 mg/L, respectivamente), nas coletas realizadas em fevereiro e em novembro, apresentando concentrações abaixo de 5 mg/L. Os resultados encontrados nas demais amostragens obtiveram resultado satisfatório. As baixas concentrações de Oxigênio dissolvido encontradas em 33,33% das amostras do rio Pequeno indicam um provável aumento de despejos de origem orgânica no corpo d'água. O ponto 1 obedeceu, durante todo o ano de 2010, o limite determinado pela Resolução, essa característica se enquadra com o local de onde foram coletadas suas amostra, próximo à Serra do Mar, onde a concentração populacional é diminuta.

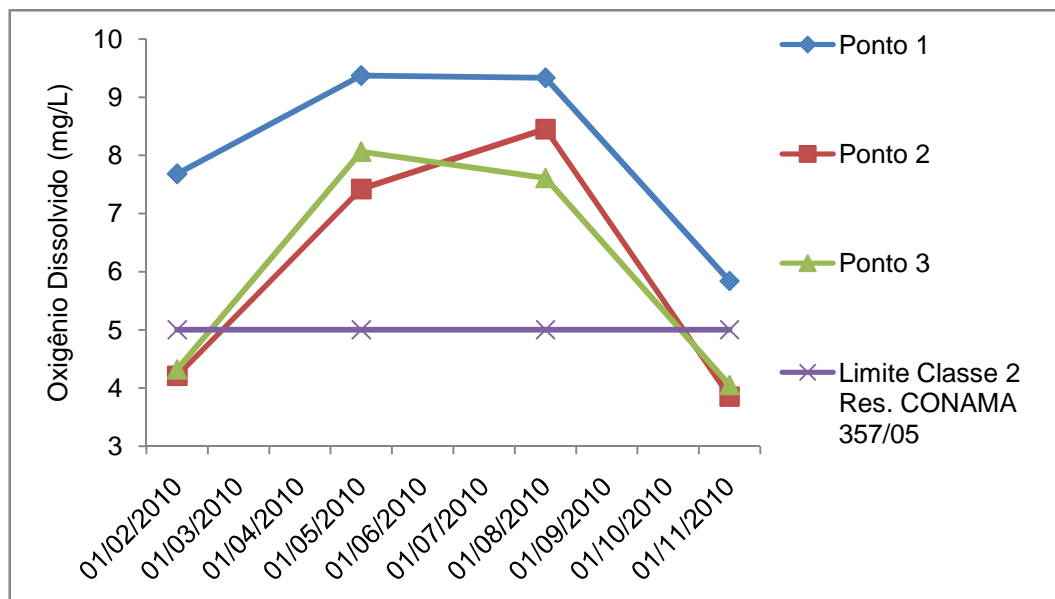


Figura 18 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

A figura 19 mostra o gráfico do parâmetro DBO, para o rio Pequeno. Este rio foi o único dentre os três estudados que apresentou todos os valores de DBO, em todas as coletas, dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357.

O ponto 1 apresentou seus valores sempre próximos a 2,0 mg/L, o ponto 2 variou entre 3,8mg/L em agosto e 2,0 mg/L em maio e o ponto 3 teve suas concentrações variando entre 3,4 na coleta 3 e 2,0 mg/L na coleta 2.

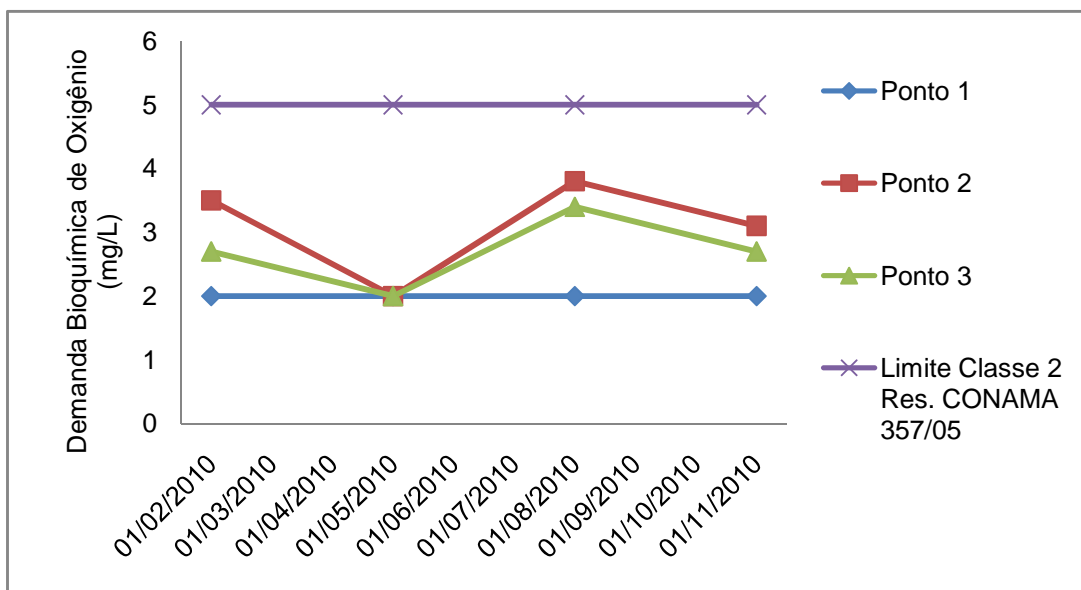


Figura 19 - Variação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

Os dados apresentados na figura 20 representam a variação de nitrato encontrado nas águas do rio Pequeno ao longo das quatro coletas realizadas. Todos os pontos, em todos os períodos avaliados enquadram-se como rio classe dois perante a Resolução CONAMA 357/05 (10,0 mg/L). Dentre os dados o ponto 2 foi o que apresentou a maior concentração da substância avaliada com 1,42 (mg/L) em novembro, na mesma data de coleta observa-se o mínimo encontrado para o corpo d'água com 0,16 (mg/L) no ponto 1.

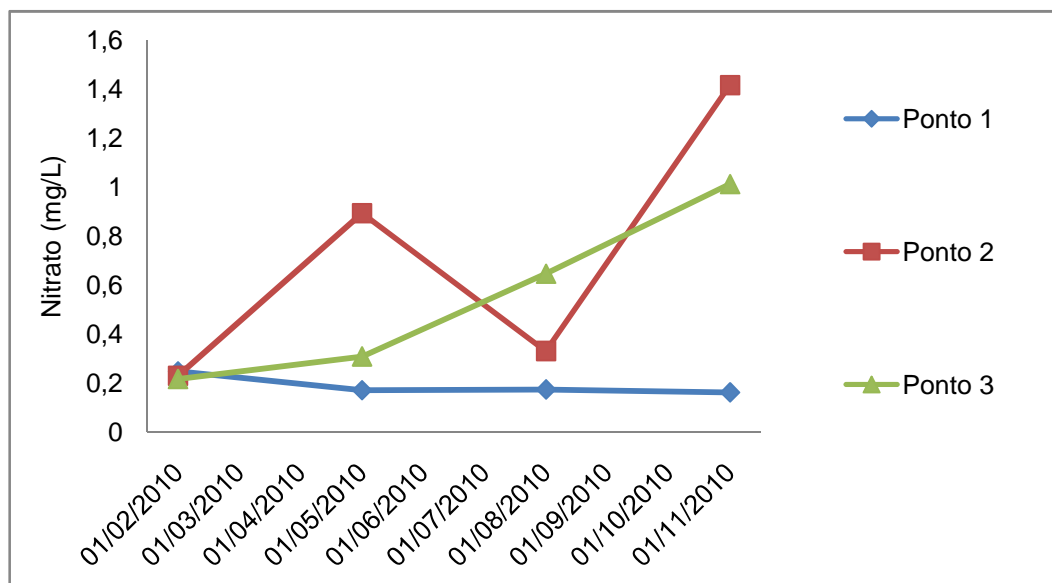


Figura 20 - Variação da concentração de nitrato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno.

Fonte: Autoria própria.

A figura 21 ilustra as concentrações de Nitrogênio amoniacal do rio Pequeno. De acordo com o CONAMA 357 as concentrações de N-amoniaco total não devem exceder os valores de 3,7 mg/L, para $\text{pH} \leq 7,5$ e 2,0 mg/L, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$. Os dois limites foram observados, pois na terceira coleta realizada os três pontos apresentaram pH superior à 7,5, porém mesmo com a mudança na faixa de pH não foi observada a violação da norma. O ponto 2 foi o local que apresentou as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal, com o máximo observado de 2,07 mg/L em maio, a concentração máxima para o ponto 3 e 1 também foi observada nesta coleta (1,57 mg/L, 0,21 mg/L, respectivamente). O ponto 1 foi aquele que mostrou menores concentrações, indicando a menor atividade e intervenção antrópica neste ponto.

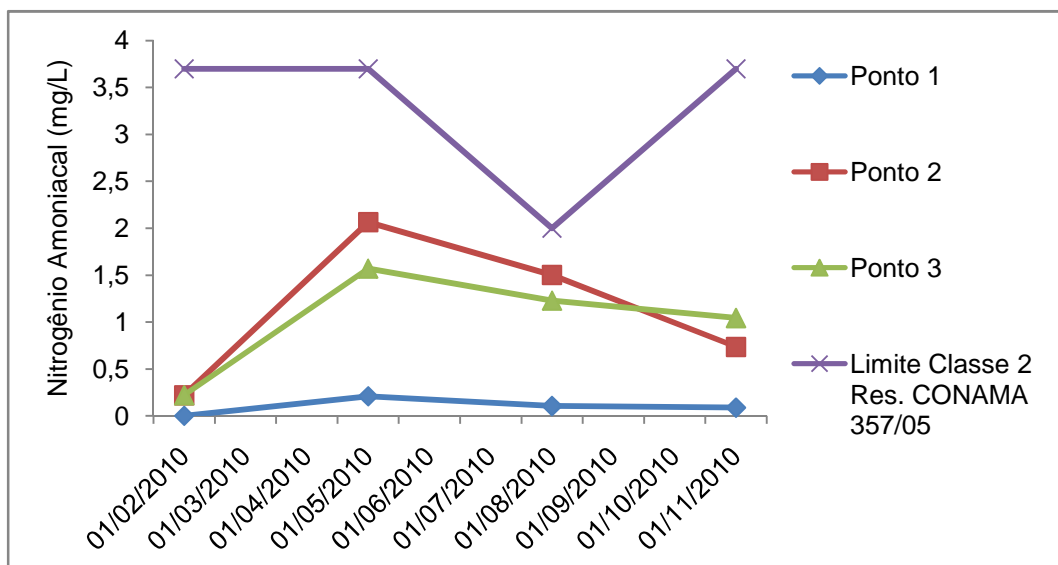


Figura 21 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

A figura 22 representa os dados da variação de ortofosfato no rio Pequeno. Para todos os pontos a maior concentração observada foi na coleta realizada no mês de novembro, sendo o ponto 2 o que apresentou o maior valor com 0,59 (mg/L). O ponto 2, apresentou ao longo do ano de 2010 as maiores concentrações de ortofosfato para o rio Pequeno, indicando maior entrada de carga poluidora no local, estando o mais próximo de atender ao CONAMA 357/05 em fevereiro (0,051 mg/L). O ponto 3 teve suas concentrações variando de 0,0 mg/L (maio) a 0,37 mg/L (agosto). No ponto 1 somente a terceira coleta apresentou valores para ortofosfato acima do limite estabelecido, com o valor de 0,187 (mg/L), mostrando que dentre os três pontos estudados para o rio Pequeno é o que apresente melhores características quanto a qualidade da água.

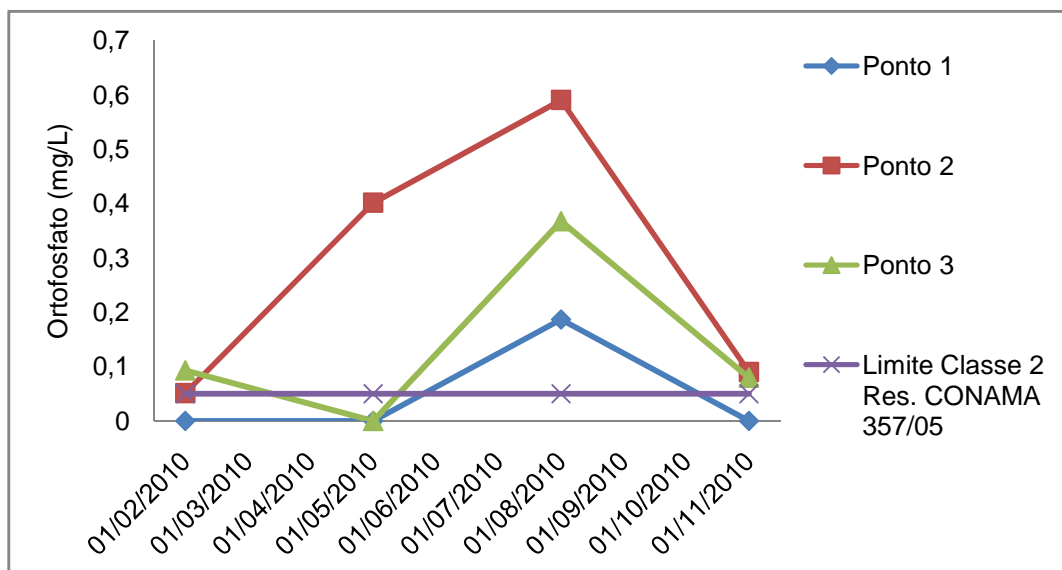


Figura 22 - Variação da concentração de ortofosfato nas quatro coletas realizadas em 2010 nos pontos P1, P2 e P3 do rio Pequeno e limite para águas doces de classe 2, CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria própria.

4.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NOS PARÂMETROS LIMINOLÓGICOS

4.3.1 Oxigênio Dissolvido x Precipitação

De acordo com a análise estatística realizada a precipitação não está correlacionada significativamente com os teores de oxigênio dissolvido. Esta conclusão é compatível encontrada no trabalho desenvolvido por Silva *et al* (2008), que estudou a influencia da precipitação na Bacia do Rio Purus.

Um rio em condições normais é considerado limpo, quando apresenta normalmente, de 8 a 10 mg.L⁻¹ (FARIAS, 2006). Analisando todas as coletas para estes três rios verificamos que em nenhuma coleta do Rio Atuba e em apenas uma coleta dos Rios Pequeno e Iraí os valores de OD encaixam-se nestes limites. Ao considerarmos apenas o oxigênio, de acordo com as coletas realizadas, o rio mais limpo seria o Pequeno, seguido do Iraí e do Atuba.

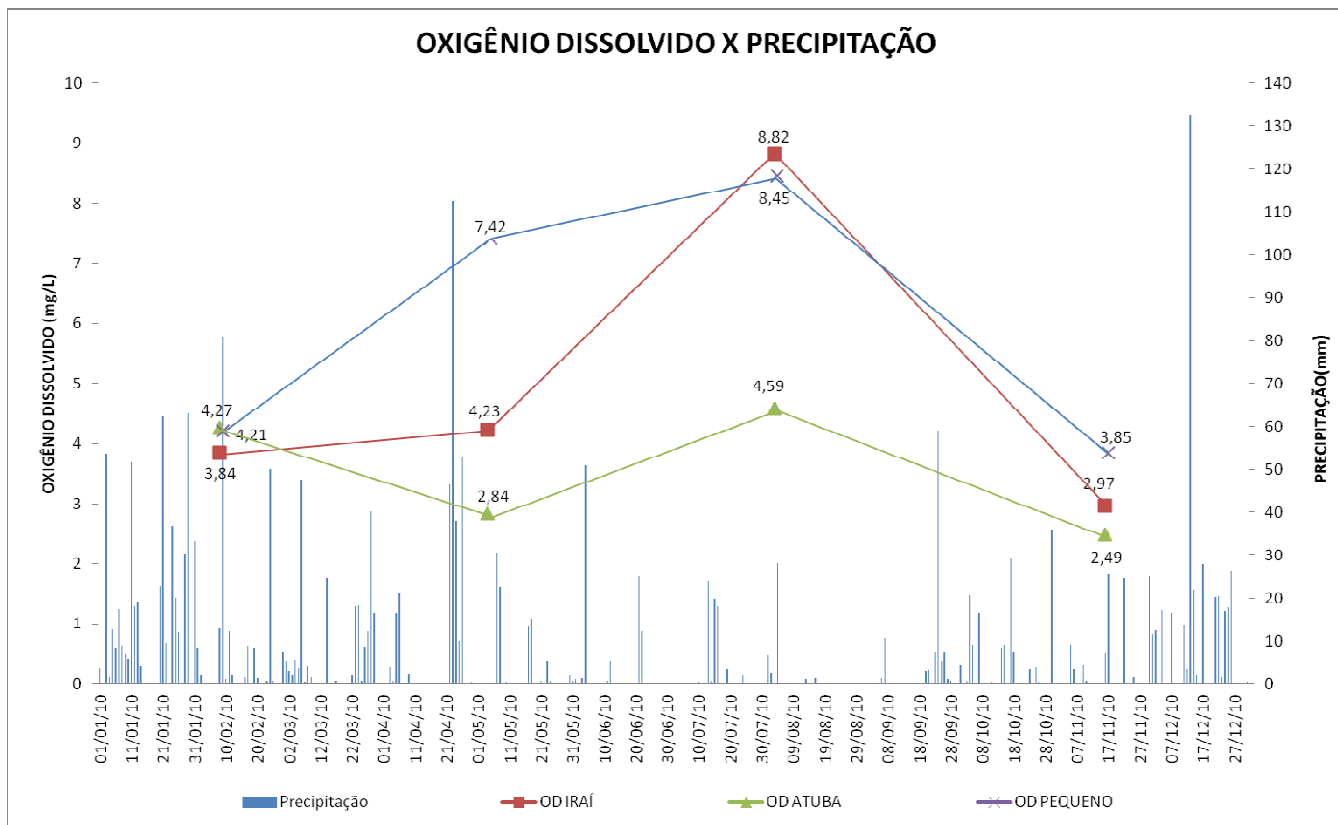


Figura 23 - Gráfico do Oxigênio dissolvido x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.
Fonte: Autoria própria.

4.3.2 Amônia x Precipitação

A amônia não apresentou correlação significativa com a precipitação para nenhum dos rios analisados. Isso pode significar que a chuva não altera significativamente o pH nem as concentrações de oxigênio dissolvido, uma vez que para a sua formação ela necessita de um ambiente anóxico e de alto pH. Entretanto, entre os três rios, o Atuba foi o que apresentou maiores concentrações de nitrogênio amoniacal, e em duas coletas foi ultrapassado o valor de 5mg/L. Isso significa que este ambiente já apresenta poluição hídrica com restrições à vida de certas espécies de peixes.

Comparando-se os nitratos (nitrogênio na forma oxidada) com a amônia (nitrogênio na forma reduzida), observamos que a forma reduzida é predominante. Isso significa que o foco da poluição se encontra próximo. Além disso, era esperado que os valores de nitrogênio amoniacal fossem elevados para o rio Atuba, uma vez

que o tratamento do esgoto feito na ETE Atuba Sul é o anaeróbico que não elimina ortofosfato e produz nitrogênio amoniacal.

Ao compararmos os gráficos de amônia com o de oxigênio dissolvido, observamos que os períodos de maior concentração de amônia coincidem com os de menor concentração de OD. Isso era esperado, uma vez que para haver formação da amônia, precisa-se de um ambiente anóxico.

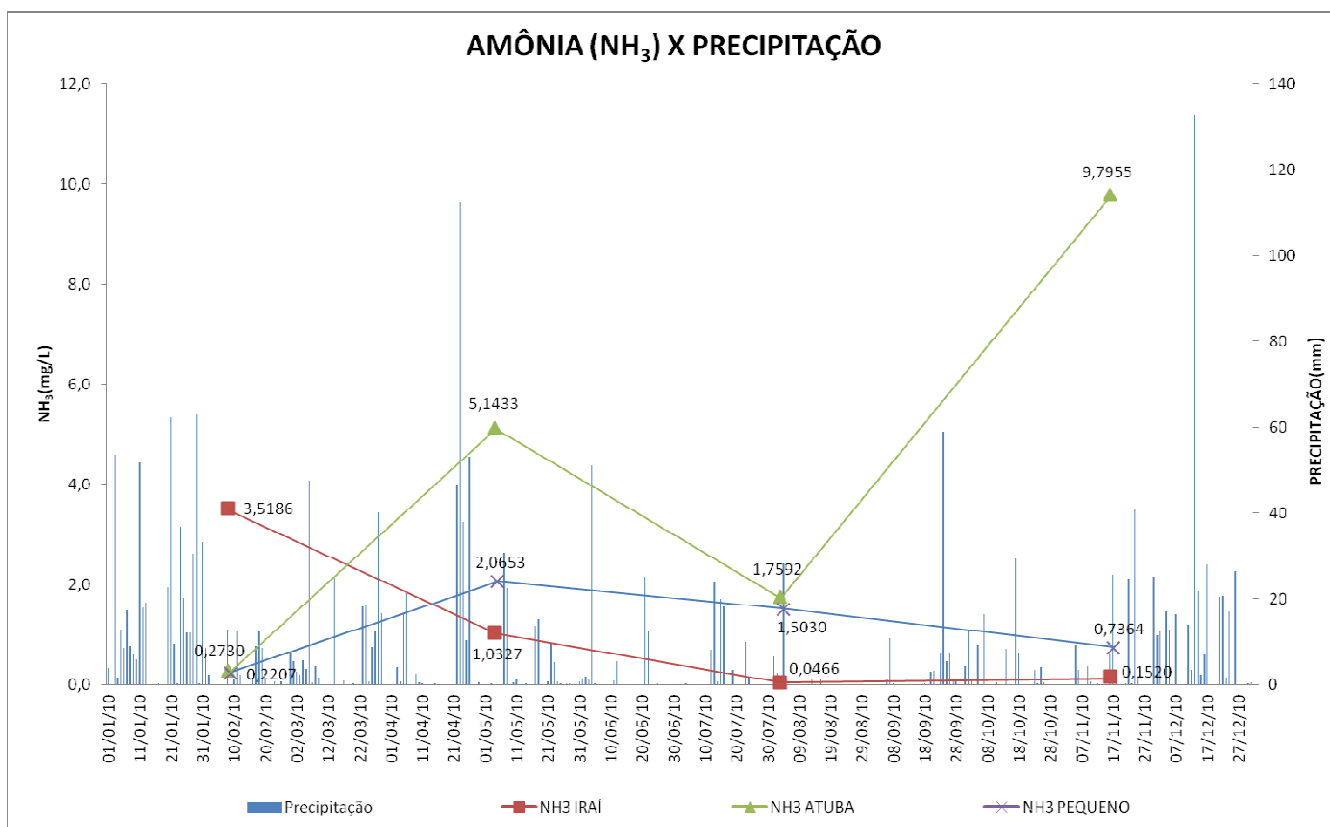


Figura 24 - Gráfico da Amônia x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.

Fonte: Autoria própria.

4.3.3 Nitrato x Precipitação

Com relação ao nitrato, em nenhum dos rios foi verificada a correlação significativa com a precipitação. Isso significa que o escoamento superficial, que pode carrear fertilizantes, agrotóxicos, matéria orgânica e sedimentos em geral, não interfere significativamente nas concentrações de nitrato no rio. Ou ainda, que essa não correlação seja devido ao fato da precipitação não se correlacionar

significativamente com as concentrações de OD, que é um fator essencial para o processo de formação do nitrato.

Observando o gráfico, o Atuba em geral apresentou as maiores concentrações de nitrato, seguido do Pequeno e do Iraí. Isso indica que o Rio Atuba possui uma maior quantidade de bactérias e matéria orgânica, que pelo processo de mineralização, geram uma maior quantidade de nitrato. Essa hipótese pode ser verificada quando olhamos para o gráfico do carbono orgânico dissolvido (COD), que nos mostra que o Rio Atuba é o que apresenta maior concentração de carbono orgânico dissolvido.

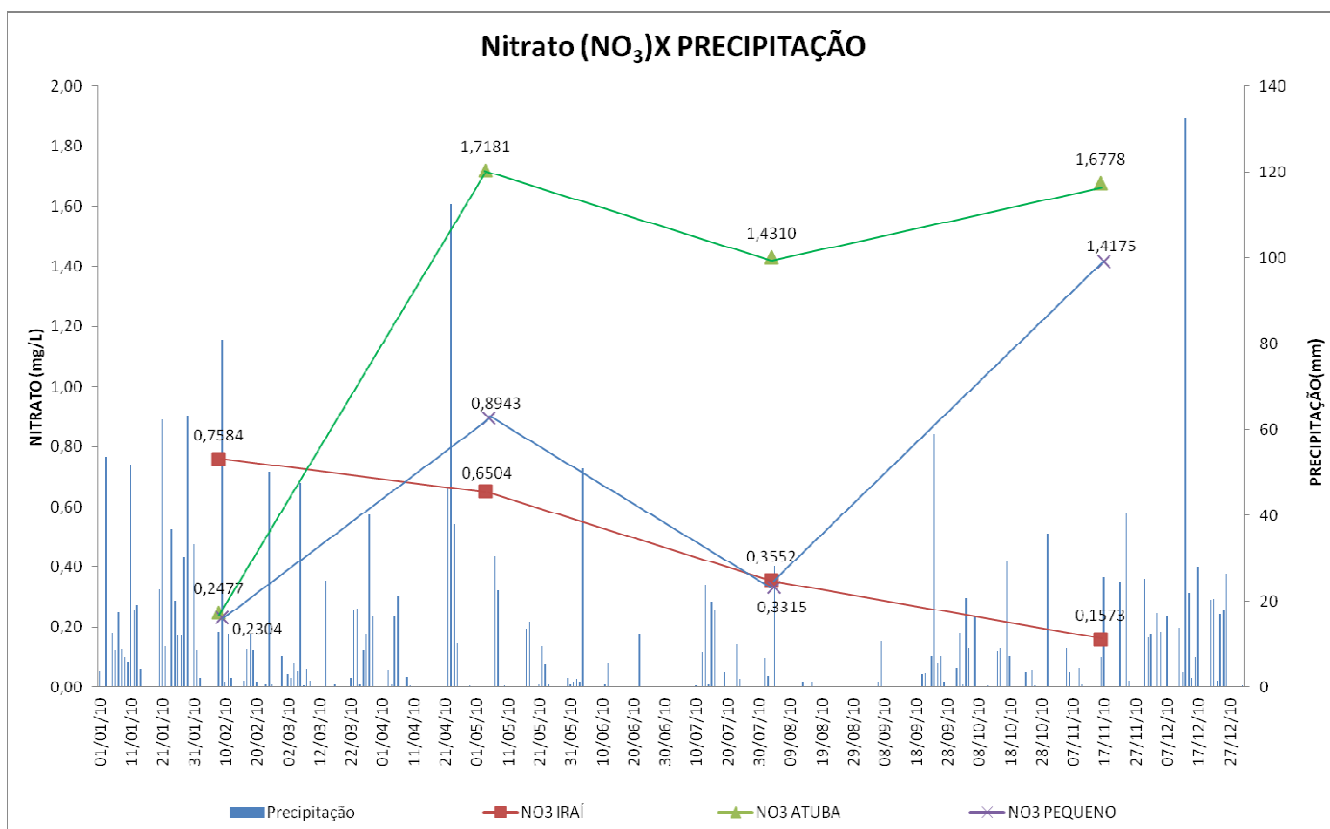


Figura 25 - Gráfico do Nitrato x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.

Fonte: Autoria própria.

4.3.4 Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) x Precipitação

Ao estar presente no corpo hídrico, a matéria orgânica é matéria prima para os processos metabólicos dos seres aeróbios. Segundo Macedo (2005), a alta

atividade microbológica pode ser indicada pela redução de oxigênio dissolvido. Fazendo-se a média dos valores das coletas de cada rio, a DBO do Atuba e do Iraí foram respectivamente, 4 e 2 vezes o valor da DBO do Rio Pequeno, o que indica grande atividade microbológica dos mesmos. De acordo com a figura 23, confirmamos esta hipótese ao observarmos menores valores de OD para o Rio Atuba e maiores para o Rio Pequeno. Uma maior quantidade de matéria orgânica implica em uma maior demanda por oxigênio. Esta é a provável razão pela qual os valores de OD para o Rio Atuba serem menores do que os do Rio Pequeno.

A demanda bioquímica do oxigênio (DBO) de acordo com a análise estatística de regressão, também não apresentou correlação significativa com a precipitação. Isso pode indicar que o escoamento superficial (que é uma fonte de aporte de nutrientes para os corpos hídricos) decorrente das precipitações não afeta a qualidade da água significativamente.

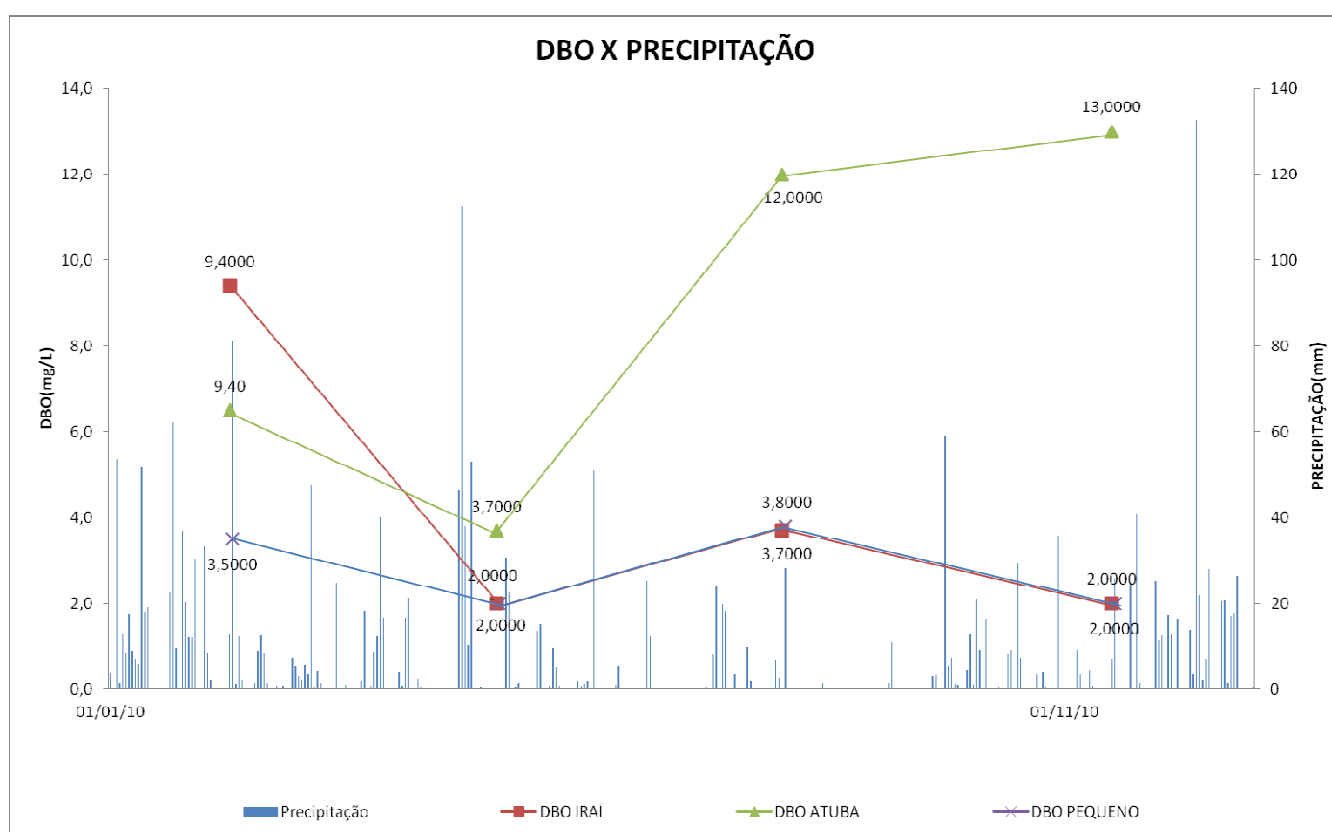


Figura 26 - Gráfico da DBO x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.
Fonte: Autoria própria.

4.3.5 Carbono Orgânico Dissolvido (COD) x Precipitação

De acordo com Willey *et al.* (2000), no ciclo global do carbono os maiores fluxos de COD ocorrem entre atmosfera e sistemas aquáticos e terrestres através da precipitação. Partindo-se disso era esperado que a precipitação tivesse correlação significativa com a precipitação, entretanto isto não ocorreu. Entretanto, ao observarmos o gráfico, nota-se que na máxima precipitação (120 mm), ocorreu a maior concentração de COD de todas as coletas realizadas para os três rios, indicando a influencia da precipitação no aumento de COD, mesmo que não significativamente.

De acordo com o gráfico constatamos que o Rio Atuba é o que possui maior concentração de COD. Se não controlado, o excesso de COD pode contribuir para o processo de eutrofização dos corpos hídricos.

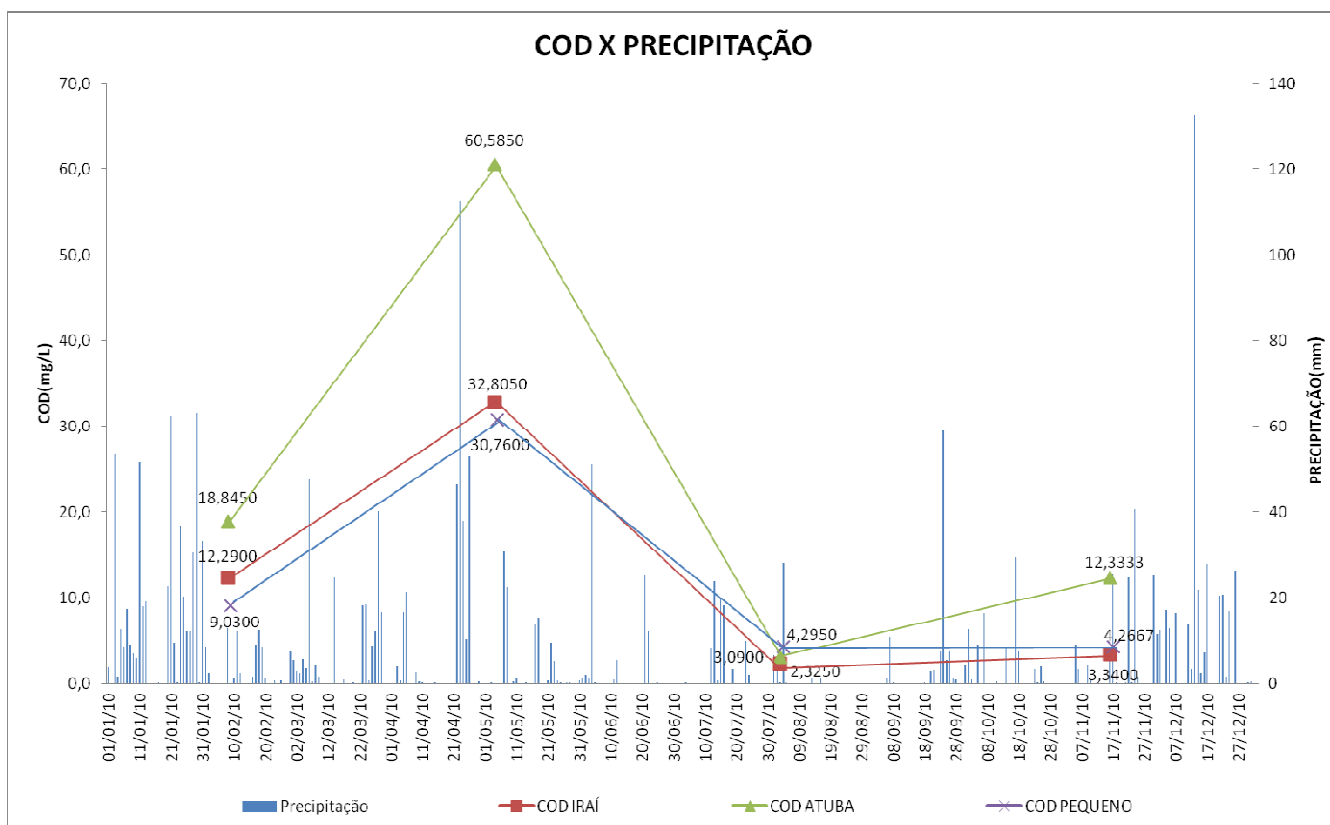


Figura 27 - Gráfico do COD x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.
Fonte: Autoria própria.

4.3.6 Ortofosfato x Precipitação

Por possuir maior concentração de COD, nitrato e nitrogênio amoniacal, o Rio Atuba, como era esperado, também apresentou a maior concentração de ortofosfato. Esta maior concentração de ortofosfato tem por fonte esgotos que são tratados na ETE Atuba Sul, pois ela utiliza o processo anaeróbico de tratamento que não elimina o ortofosfato.

O ortofosfato também não obteve correlação significativa com a precipitação. Essa conclusão contraria o resultado encontrado no trabalho desenvolvido por Guidolini *et al.* (2010), onde em períodos chuvosos a concentração de ortofosfato dissolvido era maior do que em períodos secos. Essa maior concentração foi devido ao transporte de matéria orgânica para o rio através do escoamento superficial. Uma possível explicação para essa correlação não significativa obtida é que a influência dos efluentes lançados pela ETE seja substancialmente maior que a influencia da precipitação, mascarando-a.

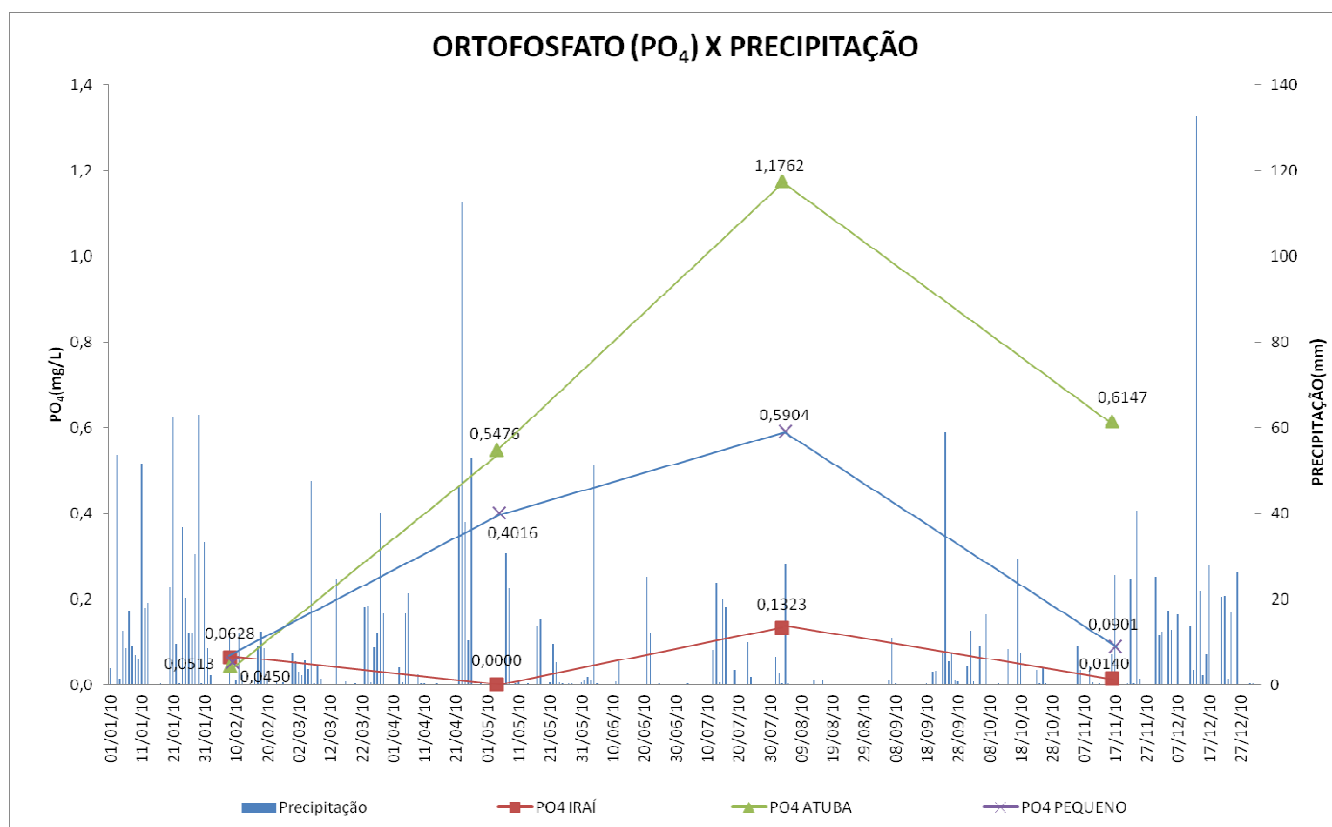


Figura 28 - Gráfico do Ortofosfato x Precipitação para os rios Iraí, Atuba e Pequeno.

Fonte: Autoria própria.

4.4 CÁLCULO DO IQA

4.4.1 IQA do Rio Atuba

Na tabela 3 constam os resultados dos parâmetros dos dois pontos monitorados utilizados para determinação do IQA, pelo LEPER, no rio Atuba.

Tabela 3 - Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de 2010 utilizados para a determinação no Rio Atuba.

Datas	Parâmetro	pH	Coliformes	OD	DBO 5	Turbidez	Temp	NO ₃ ¹⁻	PO ₄ ³⁻	Sólidos
			Totais							
	Unidade		NMP/100mL	(mg/L)	(mg/L)		(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
08/02/2010	P1	6,26	350000	4,27	6,50	24	29,3	1,718	0,045	65,08
	P2	6,85	>1.600.000	4,54	22,40	50,4	29,4	0,248	2,504	134,16
04/05/2010	P1	7,1	1700000	2,84	3,70	18,7	20,15	1,431	0,548	130,00
	P2	7,18	>1.600.000	1,28	30,00	77,4	20,4	0,477	5,279	268,00
03/08/2010	P1	7,7	1300000	4,59	12,00	27,5	11,4	1,678	1,176	65,08
	P2	7,06	7900000	5,68	42,00	52,9	12,3	0,507	14,003	134,16
16/11/2010	P1	7,71	920000	2,49	13,00	14,5	20,7	0,677	0,615	0,15
	P2	6,92	35000000	3,32	81,00	78,4	20,7	0,201	0,477	0,32

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do IQA e do nível de qualidade das águas do Rio Atuba para o ponto 1 e ponto 2 constam na tabela 4 e tabela 5, respectivamente.

O ponto 1 do rio Atuba mostrou os melhores resultados para este rio. Ao longo de 2010 os valores de IQA foram diminuindo gradativamente. No mês de fevereiro o valor observado foi de 41,41, passando para 38,36 em maio, 34,34 em agosto e chegando a 33,59 em novembro. Durante o ano inteiro os valores enquadraram o ponto 1 como de qualidade ruim, de acordo com a classificação do IQA.

Tabela 4 – Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Atuba.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,6433	1,7210	1,7189	1,7186	0,12
Coliformes Totais	1,1791	1,1791	1,1791	1,1791	0,15
DBO	1,4769	1,5239	1,388	1,3727	0,10
Nitrato	1,5707	1,5732	1,5711	1,5796	0,10
Fosfato	1,5740	1,4933	1,4298	1,4851	0,10
Temperatura da água	1,5734	1,5734	1,5734	1,5734	0,10
Oxigênio Dissolvido	1,9314	1,71628	1,80683	1,6593	0,17
Turbidez	1,3568	1,3743	1,3463	1,3890	0,08
Sólidos Totais	1,4199	1,4227	1,4199	1,4199	0,08
IQA	41,4178	38,36	34,34	33,5985	
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria.

No ponto 2 do rio Atuba, observou-se os piores índices de qualidade atingidos no estudo. Entre a primeira e a segunda coleta houve um aumento nos valores de IQA de 31,17 (fevereiro) para 34,66 (maio), todavia, a partir deste momento a qualidade das águas superficiais do ponto 2 sofreu uma queda, atingindo 23,08 em agosto e 22,79 em novembro. As duas primeiras coletas caracterizaram as águas do ponto 2 como de qualidade ruim, e a partir da coleta 3 o ponto 2 entrou no pior nível de qualidade para o IQA (muito ruim).

Tabela 5 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Atuba.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,714	1,718	1,721	1,423	0,12
Coliformes Totais	1,179	1,179	1,179	1,179	0,15
DBO	1,249	1,523	1,072	1,072	0,10
Nitrato	1,583	1,581	1,581	1,584	0,10
Fosfato	1,348	1,258	1,175	1,502	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	1,963	1,925	1,937	1,786	0,17
Turbidez	1,319	1,336	1,320	1,335	0,08
Sólidos Totais	1,420	1,396	1,420	1,420	0,08
IQA	31,17	34,66	23,08	22,79	
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Muito Ruim	Muito Ruim	

Fonte: Autoria própria.

No rio Atuba a qualidade da água encontra-se como “Ruim” e chega a “Muito Ruim” nos dois últimos trimestres do ano no ponto 2. Esse resultado foi atingido devido aos baixos teores de oxigênio dissolvido, alta DBO, teor elevado de coliformes totais, ortofosfato e nitrogênio amoniacal.

O ponto 2 apresenta o pior índice obtido entre todos os rios, condizente com sua localização (jusante da ETE Atuba-Sul). No processo de tratamento de esgotos adotado no local, não há eliminação de nutrientes da água (RALF) e por estar recebendo grande carga de contaminantes típicos de esgoto doméstico, e não havendo a degradação destes, a concentração de ortofosfato continua elevada, o teor de oxigênio dissolvido é reduzido, além de haver a conversão do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, justificando o resultado obtido para seu nível de qualidade.

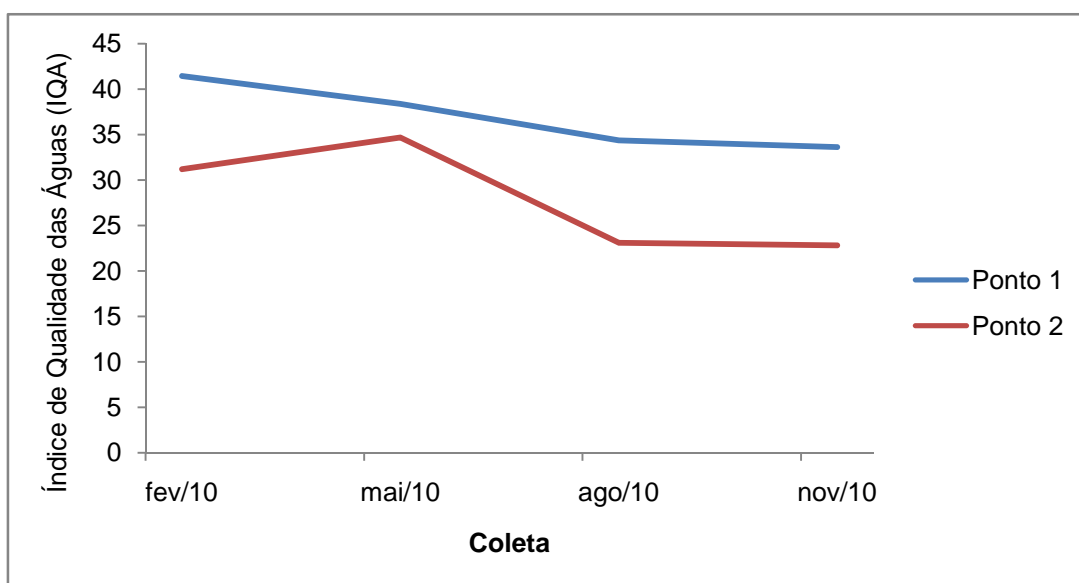


Figura 29 - Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Atuba.

Fonte: Autoria própria.

4.4.2 IQA Rio Iraí

A tabela 6 apresenta os dados dos resultados do monitoramento do rio Iraí, realizado pelo LEPER no período avaliado, nos pontos estudados.

Tabela 6 - Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de 2010 utilizados para a determinação do IQA no Rio Iraí.

Datas	Parâmetro Unidade	pH	Coliformes	OD (mg/L)	DBO 5 dias (mg/L)	Turb (NTU)	Temp água °C	NO3 (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
			Totais NMP/100mL							
08/02/2010	P1	7,13	71500	5,49	4,05	22,5	28,3	0,622	0,0478	0
	P2	6,91	540000	3,84	9,40	76,6	28,3	0,758	0,0628	0
	P3	7,08	23000	4,82	3,00	16,3	28,3	0,133	0,5635	0
04/05/2010	P1	6,09	33000	4,44	<2	9,56	19,8	1,048	0,0478	14
	P2	7,03	23000	4,23	<2	22,9	18,8	0,650	0,0697	25
	P3	6,88	4600000	2,81	13,00	200	19,2	0,497	0,7453	84
03/08/2010	P1	8,17	71500	6,97	4,05	42,7	12,1	0,360	0,0478	0
	P2	7,78	33000	8,82	3,70	13,6	13	0,355	0,1323	0
	P3	7,4	1400000	4,99	17,00	166	11,6	0,638	0,0289	0
16/11/2010	P1	7,14	110000	5,06	6,10	15,2	19,76	0,456	0,0478	0,03
	P2	7,33	7900	2,97	2,00	8,8	19,69	0,157	0,0140	0,16
	P3	7,29	22000000	2,45	19,00	48,8	18,2	0,131	0,9162	0,16

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do IQA e do nível de qualidade das águas do rio Iraí para o ponto 1, ponto 2 e ponto 3 constam na Tabela 7, 8 e 9 respectivamente:

O ponto 1, apesar de não possuir os valores mais significativos para o rio Iraí, apresentou em todas as coletas valores similares para seu IQA, como na primeira e segunda coleta em que os resultados foram 49,07 e 49,04, respectivamente. A coleta realizada em agosto teve o pior valor para este ponto (41,86) e em novembro observou-se um incremento na nota atingida pelo IQA (46,85) em relação a coleta anterior. Em todos os meses estudados o IQA atingido classificou-se como ruim.

Tabela 7 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Iraí.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,721	1,617	1,695	1,717	0,12
Coliformes Totais	1,215	1,262	1,215	1,179	0,15
DBO	1,519	1,553	1,519	1,484	0,10
Nitrato	1,580	1,577	1,582	1,581	0,10
Fosfato	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	2,024	1,980	1,821	2,024	0,17
Turbidez	1,372	1,407	1,319	1,387	0,08
Sólidos Totais	1,423	1,425	1,423	1,420	0,08
IQA	49,07	49,04	41,86	46,85	

Tabela 8 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Iraí.

(continua)

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria.

Os melhores resultados do rio Iraí encontram-se no ponto 2. Neste ponto as duas últimas coletas obtiveram índices de qualidade enquadrados como médio, enquanto os dois primeiros classificam-se como ruins este resultado era esperado, pois o ponto 2 localiza-se próximo a nascente do rio Iraí, em que a concentração e atividade humana é menor, o que leva a menor degradação das águas superficiais neste local.

Os valores do IQA sofreram incremento da primeira até a terceira coleta, caindo na coleta 4. A coleta realizada em fevereiro foi a que apresentou o pior resultado para este ponto, como IQA igual a 39,08, aumentando para 48,09 em maio e 54,52 em agosto, data que apresentou o melhor resultado. De agosto para novembro houve uma diminuição do valor do IQA encontrado (51,28), mas não o suficiente para que a classificação voltasse a ser considerada ruim.

Tabela 9 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Iraí.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,714	1,720	1,716	1,722	0,12
Coliformes Totais	1,228	1,292	1,262	1,391	0,15
DBO	1,429	1,553	1,524	1,553	0,10
Nitrato	1,579	1,580	1,582	1,584	0,10
Fosfato	1,484	1,535	1,557	1,581	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	1,853	1,882	2,151	1,748	0,17
Turbidez	1,336	1,360	1,392	1,410	0,08
Sólidos Totais	1,424	1,427	1,424	1,420	0,08
IQA	39,08	48,09	54,52	51,28	
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Médio	Médio	

Fonte: Autoria própria.

O pior cenário encontrado para o rio Iraí foi o ponto 3. Nele o IQA atingiu os valores mais baixos, estando sempre classificado como ruim. O maior valor obtido foi na coleta 1 (46,32), logo após o melhor resultado foi encontrado o pior (28,27 em maio). Houve um aumento no índice na terceira coleta (31,04) em relação a segunda, e nova queda na última amostragem (29,44). O baixo desempenho deste ponto pode indicar o alto grau de interferência humana na manutenção deste corpo aquático.

Tabela 10 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P3 do Rio Iraí.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,721	1,718	1,723	1,721	0,12
Coliformes Termotolerantes	1,179	1,179	1,179	1,179	0,15
DBO	1,536	1,373	1,316	1,290	0,10
Nitrato	1,584	1,581	1,580	1,584	0,10
Fosfato	1,491	1,470	1,577	1,453	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	2,024	1,712	1,821	1,659	0,17
Turbidez	1,383	1,137	1,137	1,318	0,08
Sólidos Totais	1,429	1,428	1,429	1,420	0,08
IQA	46,32	28,27	31,01	29,44	
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria.

Para o rio Iraí o ponto 1 e o ponto 3 mantiveram-se qualificados como “Ruim” durante o ano inteiro. Sendo que no ponto 1, os piores resultados foram obtidos nos meses de agosto e novembro, em que observou-se as maiores taxas de contaminação por coliformes totais, evidenciando assim sua poluição devido a entrada de poluentes de origem orgânica (esgotos). Houve violação dos teores para Classe 2 de fósforo total, e na última coleta realizada, o teor de oxigênio dissolvido também estava fora dos padrões.

O ponto 3, foi o que obteve o pior resultado para este rio, além do alto nível de coliformes totais encontrado, os valores de nitrogênio amoniacal e DBO a partir da segunda coleta violaram os padrões definidos para rios Classe 2. Os níveis de oxigênio dissolvido estavam sempre abaixo do especificado, e o parâmetro fósforo total também violou os padrões, fazendo com que a qualidade de suas águas seja reduzida.

O ponto 2, obteve melhora em seu nível de qualidade a partir de agosto, em que houve a mudança de “Ruim” para “Médio”. Para este incremento no nível de qualidade, foi fundamental o aumento do nível de oxigênio dissolvido no mês de agosto, a redução de fósforo total, chegando a entrar nos padrões estabelecidos no mês de novembro, a diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal, a baixa DBO, e a menor observação de coliformes totais.

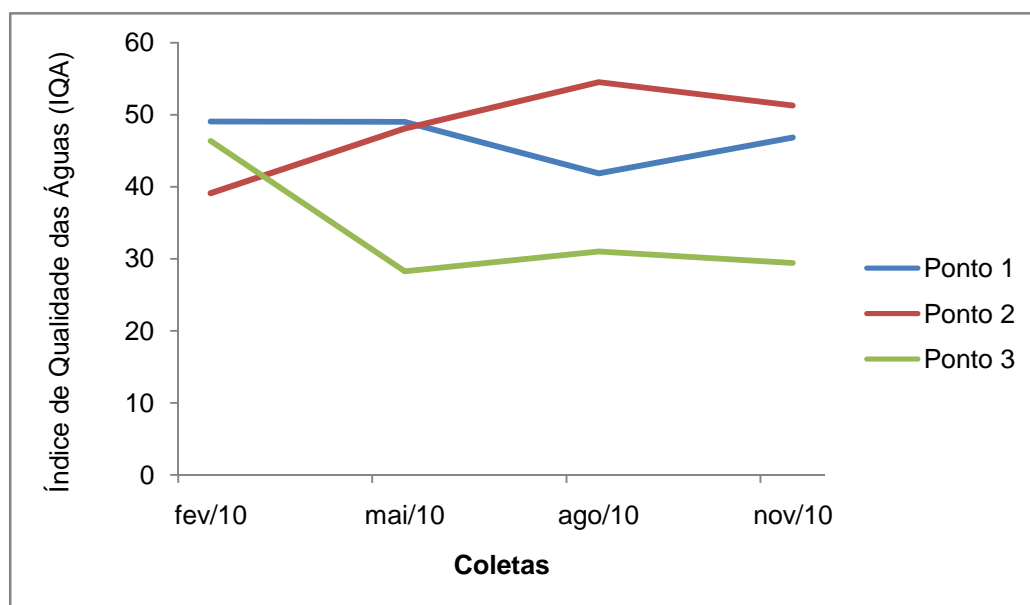


Figura 30 – Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1, P2 e P3 do Rio Iraí.

Fonte: Autoria própria.

4.4.3 IQA Rio Pequeno

Na Tabela 10 constam os resultados do monitoramento do rio Pequeno realizado pelo LEPER no período avaliado, nos pontos estudados:

Tabela 11 – Valores observados para os parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados no ano de 2010 utilizados para a determinação do IQA no Rio Pequeno.

Datas	Parâmetro Unidade	pH	Coliformes	OD (mg/L)	DBO 5 dias (mg/L)	Turbidez (NTU)	Temp H2O °C	NO3 (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
			Totais NMP/100mL							
08/02/2010	P1	6,03	350000	7,68	2,00	13,7	21,2	0,25	0	0
	P2	6,06	540000	4,21	3,50	31,7	23,5	0,23	0,051	0
	P3	5,84	53500	4,32	2,70	97,6	23,7	0,22	0,093	0
04/05/2010	P1	6,08	33000	9,37	<2	8,14	16,3	0,17	0	9

	P2	6,64	170000	7,42	<2	13,1	19,9	0,89	0,402	22
	P3	6,13	79000	8,06	<2	13,9	17,7	0,31	0	19
	P1	7,71	79000	9,33	<2	36,9	9,5	0,17	0,187	0
03/08/2010	P2	7,8	220000	8,05	3,80	43,7	9,1	0,33	0,59	0
	P3	7,86	28000	7,61	3,40	43,7	10,8	0,65	0,368	0
	P1	6,41	154000	5,84	2,00	4,27	20,8	0,16	0	0,01
16/11/2010	P2	6,33	310000	3,85	3,10	12,4	19	1,42	0,09	0,03
	P3	6,42	53500	4,05	2,70	14,3	19,3	1,01	0,08	0,03

Fonte: Autoria própria.

O IQA calculado para o rio Pequeno foi o que apresentou resultados mais satisfatórios, o ponto 1 analisado entrou no nível de classificação médio a partir de segunda coleta. Na amostragem de fevereiro, seu pior desempenho, apresentou IQA igual a 49,72, enquadrando-se como ruim. Após esta coleta o rio Pequeno obteve o melhor resultado encontrado no estudo, de 54,85, a avaliação feita em agosto mostrou uma redução na qualidade de suas águas com um valor de IQA igual a 50,24 e aumento em relação a agosto para a última coleta, com índice de 51,05.

Para este ponto era esperado o melhor desempenho com relação a qualidade das águas superficiais do rio Pequeno por estar localizado próximo a Serra do Mar, local com baixa concentração populacional e dessa maneira menor volume de carga poluidora de origem antrópica (esgotos).

Tabela 12 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Pequeno.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,614	1,620	1,719	1,662	0,12
Coliformes Totais	1,179	1,262	1,212	1,179	0,15
DBO	1,553	1,553	1,553	1,553	0,10
Nitrato	1,583	1,584	1,584	1,584	0,10
Fosfato	1,584	1,584	1,547	1,584	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10

Tabela 13 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P1 do Rio Pequeno.

(continua)

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
Oxigênio Dissolvido	2,158	2,179	2,142	2,097	0,17
Turbidez	1,392	1,412	1,325	1,428	0,08
Sólidos Totais	1,420	1,423	1,420	1,420	0,08
IQA	49,72	54,85	50,24	51,05	

Nível de Qualidade	Ruim	Médio	Médio	Médio
--------------------	------	-------	-------	-------

Fonte: Autoria própria.

O painel encontrado para o ponto 2 foi diferente do ponto 1, este ponto ao longo de todo o ano de 2010 esteve classificado, de acordo com o IQA, como de qualidade ruim, sendo que o pior resultado observado foi no mês de novembro: 40,58. Assim como no ponto 1, o melhor valor encontrado foi na segunda coleta, em que atingiu o máximo de 49,57. Na primeira e na terceira coleta respectivamente os valores do IQA foram: 41,09 e 45,17.

Tabela 14 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P2 do Rio Pequeno.

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
pH	1,589	1,627	1,713	1,663	0,12
Coliformes Totais	1,229	1,212	1,275	1,229	0,15
DBO	1,542	1,553	1,529	1,542	0,10
Nitrato	1,583	1,583	1,580	1,577	0,10
Fosfato	1,564	1,584	1,518	1,567	0,10

(continua)

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	Peso
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	1,940	2,161	2,075	1,831	0,17
Turbidez	1,305	1,391	1,319	1,390	0,08
Sólidos Totais	1,420	1,426	1,420	1,420	0,08
IQA	41,09	49,57	45,17	40,58	
Nível de Qualidade	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria.

O pontos 3, assim como os demais pontos do rio Pequeno, teve seu IQA máximo na coleta de fevereiro, em que chegou ao valor de 51,73, enquadrando-se como de qualidade média. Fora essa coleta, todas as demais enquadraram o rio como ruim, tendo a coleta um o pior resultado (42,16), e com relação a segunda coleta houve uma queda contínua do IQA para o ponto 3, com 48,93 para agosto e 44,24 para novembro.

Tabela 15 - Determinação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para o ponto P3 do Rio Pequeno.

Peso

Parâmetro	08/02/2010	04/05/2010	03/08/2010	16/11/2010	
pH	1,614	1,620	1,719	1,662	0,12
Coliformes Totais	1,179	1,262	1,212	1,179	0,15
DBO	1,553	1,553	1,553	1,553	0,10
Nitrato	1,583	1,584	1,584	1,584	0,10
Fosfato	1,584	1,584	1,547	1,584	0,10
Temperatura da água	1,573	1,573	1,573	1,573	0,10
Oxigênio Dissolvido	2,158	2,179	2,142	2,097	0,17
Turbidez	1,392	1,412	1,325	1,428	0,08
Sólidos Totais	1,420	1,423	1,420	1,420	0,08
IQA	42,16	51,73	48,93	44,24	
Nível de Qualidade	Ruim	Médio	Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria.

O rio Pequeno possui o melhor desempenho em relação à qualidade de suas águas superficiais, comparando com os outros rios avaliados no estudo, sendo o ponto 1 aquele com melhores resultados. Neste ponto houve a violação do parâmetro coliformes totais, e na segunda coleta de fósforo total. Seu desempenho foi mais satisfatório, pois apresentou alta taxa de oxigênio dissolvido, baixa DBO, e menor concentração de nitrogênio amoniacal.

O ponto três na segunda coleta passou de “Ruim” para “Médio” e depois retornou ao nível “Ruim”. Sua melhora se deu principalmente ao fato do aumento do parâmetro oxigênio dissolvido, redução de fósforo total e da DBO. Mesmo apresentando a maior carga de coliformes totais das quatro coletas realizadas, os demais parâmetros foram mais relevantes, fazendo com que houvesse um acréscimo em sua qualidade. Deve-se ressaltar que o ponto três é o que possui menor nível de contaminação por coliformes para este rio.

O ponto 2 apresentou os piores resultados do rio Pequeno, sendo que a qualidade é prejudicada devido às violações dos limites máximos da Classe dois, para parâmetros físico-químicos (Oxigênio Dissolvido, fósforo total) e bacteriológicos (Coliformes Totais).

Para os três pontos o melhor resultado foi obtido na segunda coleta, um dos fatores que podem ter levado a esta situação é que dentre todos os meses analisados, no mês de maio observou-se uma maior concentração de oxigênio dissolvido para todos os pontos.

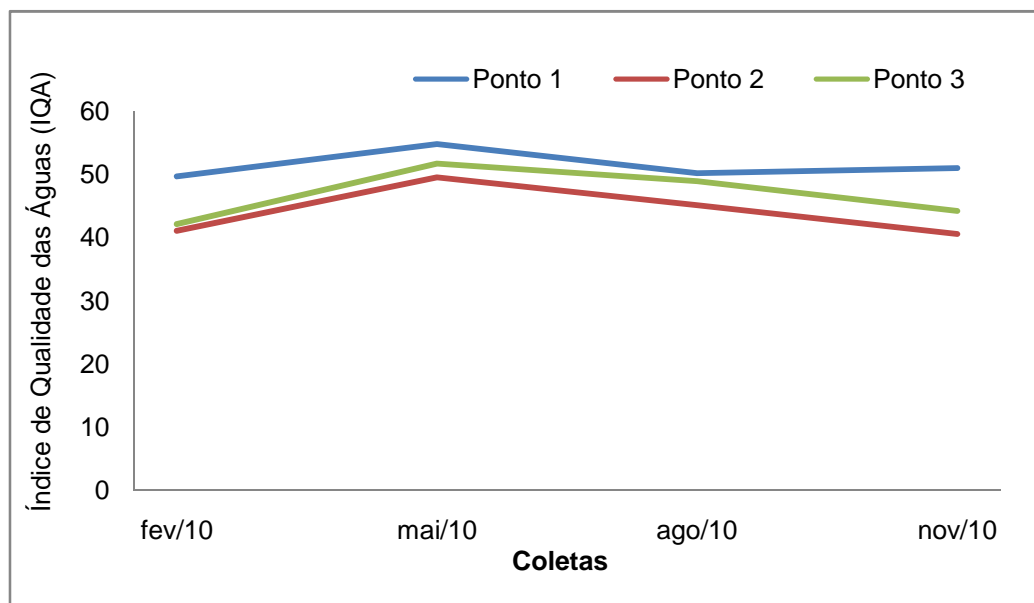


Figura 31 – Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para os pontos P1, P2 e P3 do Rio Pequeno.
 Fonte: Autoria própria.

A tabela 14 mostra a variação dos níveis de qualidade para os três rios estudados ao longo de 2010. A maior parte dos pontos de coleta neste ano foi classificada como ruim, de acordo com os níveis propostos pela ANA, 2009. Corpos d'água cuja qualidade é considerada ruim pelo IQA sofreram grande interferência e degradação, este resultado é condizente com a situação dos rios avaliados, pois todos se encontram na RMC e estão sujeitos a crescente pressão populacional e industrial da região. A água desses pontos compromete a manutenção da vida aquática, a produção de alimentos e a qualidade para o abastecimento público.

O rio Atuba apresentou os piores índices de qualidade, e suas águas superficiais chegam a se classificar como de qualidade muito ruim, mostrando que este rio sofre grave interferência e degradação, estando sua qualidade tão comprometida que segundo Racanicchi (2002), serve apenas para navegação e geração de energia.

O maior nível de qualidade atingido foram para os pontos em que o IQA atingiu nota o suficiente para ser classificado como de média qualidade, sendo que o ponto 1 do rio Pequeno manteve essa classificação durante quase todo o ano de 2010. Esses pontos, também sofreram interferência, mas ainda podem ser utilizadas para o abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos. Como o ponto 1 do rio Pequeno é aquele que se encontra mais afastado, ele sofre uma

menor interferência antropogênica, mantendo suas águas com qualidade superior aos demais pontos analisados.

Tabela 16 - Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas quatro coletas realizadas no ano de 2010 para os pontos P1 e P2 do rio Atuba, pontos P1, P2 e P3 do rio Iraí e pontos P1, P2 e P3 do Rio Pequeno.

Rio	Ponto	Primeiro Trimestre	Segundo Trimestre	Terceiro Trimestre	Quarto Trimestre
Atuba	P1	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
	P2	Ruim	Ruim	Muito Ruim	Muito Ruim
Pequeno	P1	Ruim	Médio	Médio	Médio
	P2	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
	P3	Ruim	Médio	Ruim	Ruim
Iraí	P1	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
	P2	Ruim	Ruim	Médio	Médio
	P3	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim

Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Os níveis de qualidade para os três rios foram insatisfatórios, pois caracterizam o alto grau de interferência antrópica no meio ambiente. Os melhores valores obtidos para o IQA foram observados para o rio Pequeno, no ponto 1, em que o nível de qualidade atingido foi o “Médio” em três das quatro amostras analisadas, resultado adequado para onde este ponto encontra-se (próximo a Serra do Mar), em que espera-se uma menor atividade humana. Todavia, mesmo com um melhor índice alcançado, alguns de seus parâmetros químicos e microbiológicos não atenderam a Resolução CONAMA 357/05, indicando que existe a entrada de carga poluidora no local.

O rio Atuba foi aquele que apresentou os piores resultados observados, em especial no ponto dois, nas duas últimas coletas em que atingiu o nível de qualidade “Muito Ruim”. Essa caracterização condiz com o local de coleta localizado após a ETE Atuba-Sul, que possui um processo de tratamento realizado em um Reator Anaeróbio de Manto de Lodo e Fluxo Ascendente (RALF). Neste processo ocorre a conversão de nitrogênio orgânico em n-amoniaco e não é feita a remoção de ortofosfato, fazendo com que o grande volume de esgotos que entram no sistema reduza muito a qualidade de suas águas.

No rio Iraí o melhor desempenho com relação a qualidade das águas foi observado próximo a sua nascente (ponto 2), resultado esperado, pois é o local com menor influência humana para este rio.

Além dos dados de qualidade das águas, foi apresentada a relação da precipitação com os parâmetros físico-químicos selecionados. Estatisticamente nenhum dos parâmetros foi afetado significativamente pela precipitação. Entretanto, foi possível observar que a interferência antrópica afeta substancialmente os parâmetros analisados, contribuindo para a depreciação dos corpos hídricos estudados.

Em média o Rio Atuba apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido (OD) e as maiores concentrações de nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico dissolvido (COD) e ortofosfato e amônia, indicando ser o rio que sofre maior interferência e degradação, dentre os três rios estudados.

É necessário garantir a preservação destes rios, através de monitoramentos e estudos para a detecção das fontes poluidoras e posterior solução para diminuição dos impactos já causados. A busca constante por novas tecnologias que visem a recuperação dos ecossistemas estudados é fundamental para que não haja o agravamento dos níveis de degradação.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas. **Indicadores de Qualidade** – Índice de Qualidade das Águas. Brasil, 2009.

Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>.

Acessado em: 10 de outubro de 2011.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. **Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água**. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Anais... Porto Seguro, 2000.

APHA; AWWA; WEF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". American Public Health Association, 18th ed., Washington, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12620: Águas – Determinação de Nitrato – Métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissu**. Brasil, 1992.

BERTONI, J.C.; & TUCCI, C.E.M. 2002. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 3.ed.

BRAILE, P.M. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. Por Pedro Marcio e José Eduardo W.A.Cavalcanti. **São Paulo: CETESB, 1979**.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**, São Paulo, 3 ed., CETESB/ASCETESB,. 1986.

BRASIL. Lei Complementar Nº 14, de 8 junho de 1973. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jun. 1973. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp14.htm>. Acesso em 15 de outubro de 2011.

CAINS, John R.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthicmacroinvertebrates. Chapman & Hall, 1993.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>
Acessado em: 14 de Outubro de 2011.

CHUEH, A. M.; SANTOS, J.C.L.. **Análise do Potencial de Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais/PR, por meio do DFC – Diagnóstico Físico Conservacionista**. Curitiba, 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná.

COMEC. COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba**: Propostas de ordenamento territorial e um novo arranjo institucional. Curitiba, COMEC, 2006.

_____. COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.
Levantamento aerofotogramétrico, referencia SG.22.X.D.I.4, escala 1:50.000, 1976.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, 17 mar. 2005.

DORST, J. Antes que a natureza morra: por uma ecologia política. São Paulo, ed. Edgard Blücher, 1973. 394p. *apud* RACANICCHI, Rosa Marina Z. V. **Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul - SP**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), UNESP, Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2002.

DUARTE, Marco Antonio Calazans; CEBALLOS, Beatriz Susana Ovruski; Elza FREITAS, Bezerra Pinheiro; MELO, Henio Normando de Souza; KONIG, Annemarie; **Utilização dos índices do estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremóz e Jiqui**. Rio Grande do Norte. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental V – 030. 1997.

ESTEVES, Francisco A.; **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro RJ, 2ª Edição; Interciência Editora, 1998.

FARIAS, Maria S. Sobral de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Campina Grande, 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) UFCG Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2006.

FAZZA, Elizete Vieira. **Avaliação da água e do sedimento das microbacias dos ribeirões Graminha e águas da serra na cidade de Limeira – SP.** 168 f. Universidade Estadual de Campinas. 2007.

FISHER, S.G.; LIKENS, G.E. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire – Integrative approach to stream ecosystem metabolism. **Ecological Monographs**, Durham, v.43, n.4, 1973.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: Paiva, J. B. D.; Paiva, E. M. C. D. (Orgs.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre, ABRH, 2001.

GUEDES, Josiel de Alencar. **Poluição de Rios em Áreas Urbanas.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Goiânia-GO v. 5, n. 14 agos. 2011.

GUIDOLINI, JANAÍNA FERREIRA; ABDALA, VERA LÚCIA ; DO CARMO, DANILO ALMEIDA; VAL, BRUNO HENRIQUE PEDROSO; JUNIOR, RENATO FARIAS VALLE. **Ortofosfato como parâmetro indicador de qualidade da água em diferentes pontos da bacia do rio Uberaba.** 3º Seminário de iniciação científica e inovação tecnológica. Trabalho 105. 2010.

IAP. **Qualidade das Águas.** Rios da Bacia do Alto Iguaçu, na Região Metropolitana de Curitiba 2005 a 2009. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba. 2009.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná.** Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1994.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão de Águas. **Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA)** – Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA). Minas Gerais, 2005.

Disponível em: http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/SCQA_final.pdf

Acessado em: 08 de outubro de 2011.

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf> Acessado em: 08 de outubro de 2011.

LIMA, Maria Angélica da Silveira. **Águas acumuladas em açudes e barragens na região de santa maria e flutuações em seus atributos físico químicos.** 2005. 83

f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2005.

LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, Maria José Brito. **Hidrologia de matas ciliares**. 2004.

Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>>. Acessado em: 01 de dezembro de 2011.

_____. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. Apostila.USALQ/USP. Piracicaba, SP. 2008.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. 2 ed. Rio de Janeiro: José Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná. 442p. 1981 apud IGENITO, L.F.S.; L.F. ABILHOA, V. **Contribuição ao conhecimento da ictiofauna da bacia do alto Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, 7(1), 2004.

MACÊDO, J. A. B. de. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. **Parâmetros ambientais, águas, efluentes, detergentes/sanificantes, ensaio limite, legislações, amostragem, química analítica, alimentos**, 3 ed. Belo Horizonte: CRQMG. 2005.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983. 1.010 p.

MOREIRA, Itamar Adilson. **Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidrológica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MORETTO, Evandro. M. **Diversidade zooplantônica e variáveis limnológicas das regiões limnética e litorânea de cinco Lagoas do Vale do Rio Doce- MG, e suas relações com o entorno**. 2001. 310 f. Dissertação (Mestrado em ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

NETO, Astério Ribeiro Pessôa; KORN, Maria das Graças. **Os nutrientes nitrato e nitrito como contaminantes ambientais e alternativas de determinação**. Candombá – Revista Virtual, v. 2, n. 2, jul – dez 2006.

NETO, M.S.S.; ALVES, R.; FIGUEIREDO, A.C.; HINO, K. **Caracterização hidrogeoquímica da bacia do Rio Manso, Cuiabá - MT**. Acta Limnologica Brasiliensis, Botucatu, v.6, 1993.

NETO, S. C. G. **Concentrações e balanços de Carbono Orgânico Dissolvido em duas bacias do estado de Rondônia: uma comparação entre floresta e pastagem.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

NUNES, F.G.; FIORI, A. P.; **A utilização do método De Ven Te Chow – Soil Conservation Service (Scs) na estimativa da vazão máxima da bacia hidrográfica do rio Atuba.** Revista Eletrônica Geografar. Curitiba, v.2, n.2, Jul/dez. 2007.

OLIVEIRA, Letícia Celise Ballejo de; GALVÃO, Maria Isabel da Silva; ROSSO, Beatriz Deprá; FILHO, Waterloo Pereira. **Diagnóstico das ações antrópicas no alto curso da microbacia hidrográfica do arroio cancela, santa maria/rs por meio de análise limnológica.** XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa.

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

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revisa eletrônica de recursos hídricos. IPH UFRGS. V.1, n.1. 2004.**

Portaria SUREHMA O20/92, de 12 de maio de 1992. Dispõe sobre o enquadramento dos cursos d'água da Bacia do rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná. **Diário Oficial do Estado**, 20 ag. 1992.

RACANICCHI, Rosa Marina Z. V. **Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul - SP.** 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), UNESP, Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2002.

REGO, Neylor Alves Calasans; BARROS, Sizínio Rosa; SANTOS, José Wildes Barbosa. **Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na lagoa Encantada, Ilhéus, Bahia.** Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v. 4, n.1, jan. 2010. ISSN 1982-5528.

REVISTA AMBIENTE E ÁGUA.

Disponível em:

<http://www.ambi-agua.net/seer/files/Ambi_Agua_V3_N2.pdf#page=91>.

Acesso em 27 de outubro de 2011.

RODRIGUEZ, Marlon P. **Avaliação da qualidade de água da bacia do alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** 2001. 179 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

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

Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/default.aspx>>.

Acessado em: 8 de novembro de 2011.

_____. - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.**

Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=458>>.

Acessado em: 9 de novembro de 2011.

_____. - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.**

Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#dbo>>. Acessado em: 28 de novembro de 2011.

SANEPAR. Planeta Água. Boletim Informativo. Curitiba, PR. 1 p.

Disponível em:

http://www.sanepar.com.br/sanepar/concursoSaneparRedacao/planeta_agua_17.pdf

Acessado em: 9 de novembro de 2011.

SANTOS, Ariodari Francisco. **Práticas da agricultura familiar, o uso e ocupação do solo e qualidade da água: A Bacia Hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais – PR.** 2006. 159 f. (Tese em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná. 2006.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G. F.. **Chemidtry for envitonmental engineering.** 4º ed. New York.McGrawHill Book Company. 1994

SILVA, Ana Elisa Pereira; ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo; WAICHAMAN, Andrea Viviana. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, 2008.

SILVA, Gilberto Silvério da; JARDIM, Wilson. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, Região de Campinas/Paulínia – SP. **Química Nova**, Campinas, v. 29, n. 4, 2006.

SILVEIRA, Mariana. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 36). ISSN 1516-4691. 2004.

SOARES, J.B.; MAIA, A.C.F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: UFC, UFC edições. 1999.

STANDART METHODS for Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Public Health Association, 1998.

SUDERHSA. **Mapa das Sub-Bacias do Alto Iguaçu**. 2000. Escala 1:10.000 Disponível em:

http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/Image/Sub_Bacias_SITE.jpg

TAVARES, A.R. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São José dos Campos. São Paulo, 2005.

THURMAN, E.M. **Organic geochemistry of natural waters**. Dordrecht: Martinus Nijhoff. v.2, 1985

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C., **Inundações urbanas na América do Sul**. ABRH, Porto Alegre, 2003.

_____. **Água no meio urbano**. Ed.Universidade/UFRGS:ABRH, Porto Alegre, 1997.

_____. Águas urbanas. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

TUNDISI, J.G. BARBOSA, F. A. R. Conservation of aquatic ecosystems: present status and perspectives. In: LIMNOLOGY in Brazil. Eds. J.G. Tundisi, C.E.M. Bicudo e T. Matsumura Tundisi. Impresso por Academia Brasileira de Ciências e Sociedade Brasileira de Limnologia, 1995. *apud* SANTOS, Ariodari Francisco. **Práticas da agricultura familiar, o uso e ocupação do solo e qualidade da água: A Bacia Hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais – PR**. 2006. 159 f. (Tese em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná. 2006.

VILLELA, S. M. Hidrologia aplicada. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil. 1975. 245 p.
VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.
Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESAUFMG. v.
1, 1996.

WILLEY, J.D.; KIEBER, R.J.; EYMAN, M.S.; AVERY, G.B. Rainwater dissolved
organic carbon: Concentrations and global flux. **Global Biogeochemical Cycles**,
Washington, v.14, n.1, 2000.