

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

**ANÁLISE NICTEMERAL DE RIOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NO  
RIO BARIGUI**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

BRUNA VIGO PINTO  
CINTHIA MARA ITIBERE DA CUNHA  
MAIARA SOARES DE CARVALHO

## **ANÁLISE NICTEMERAL DE RIOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NO RIO BARIGUI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais do Departamento Acadêmico de Química e Biologia - DAQBi, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, *Campus* Curitiba, como requisito à obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr<sup>o</sup>. Michael Mannich.

CURITIBA

2013

BRUNA VIGO PINTO  
CINTHIA MARA ITIBERE DA CUNHA  
MAIARA SOARES DE CARVALHO

## **ANÁLISE NICTEMERAL DE RIOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NO RIO BARIGUI**

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

**Membro 1** – PROF. DR. CRISTÓVÃO VICENTE S. FERNANDES  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

**Membro 2** – PROF. DR. JULIO CESAR RODRIGUES DE AZEVEDO  
Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

**Orientador** – PROF. DR. MICHAEL MANNICH  
Departamento Acadêmico de Construção Civil (UTFPR)

**Coordenadora de Curso** – PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. VALMA MARTINS BARBOSA

Curitiba, 15 de abril de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

Os parágrafos seguintes certamente não contemplarão todas as pessoas que estiveram ao nosso lado durante a realização deste projeto, porém sempre serão lembradas e são tão importantes quanto as que aqui serão mencionadas.

Agradecemos, ao nosso orientador, Prof. Msc. Michael Mannich, que com muita paciência, dedicação e ânimo nos orientou durante a realização deste trabalho.

Aos professores, Julio Cezar Azevedo e Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes, pela disposição e idéias sugeridas sempre visando o engrandecimento do nosso intelecto. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo espaço e materiais cedidos.

A todos os colegas e profissionais que direta ou indiretamente contribuíram para que o projeto pudesse ser executado.

Por fim, agradecemos aos nossos familiares e amigos que sempre nos apoiaram e acreditaram na nossa conquista.

## RESUMO

CARVALHO, Maiara S. de; CUNHA Cinthia M. I. da; PINTO, Bruna V. **ANÁLISE NICTEMERAL DE RIOS URBANOS: ESTUDO DE CASO NO RIO BARIGUI**, 2013. Trabalho de Conclusão (Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais), Departamento de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, 2013.

O monitoramento de qualidade da água usualmente praticado e a literatura apresentam raras informações sobre o comportamento nictemeral de corpos d'água lóticos. A melhor compreensão dos processos que ocorrem no rio depende de um monitoramento contínuo e frequente, já que ele é um ambiente dinâmico e se inter-relaciona com o meio ambiente, podendo alterar suas características naturais. Todavia, os recursos estruturais, financeiros e humanos limitam esta abordagem e exigem uma estratégia de monitoramento otimizada e adaptada aos objetivos propostos. A validade dos resultados de coletas únicas depende da representatividade da informação comparada às suas variações ao longo do dia. A fim de elucidar esta questão, o estudo de caso do Rio Barigui, no parque Tingui em Curitiba-PR, uma série de parâmetros de qualidade da água foram monitorados durante 14 horas ao longo do dia. Os resultados sugerem significativas diferenças entre as campanhas e alguns parâmetros apresentam variações marcantes ao longo do dia.

**Palavras-chave:** Análise Nictemeral, Qualidade da Água, Rio Barigui.

## **ABSTRACT**

CARVALHO, Maiara S. de; CUNHA, Cinthia M. I. da; PINTO, Bruna V. **NICTEMERAL ANALYSIS OF URBANS RIVERS: A CASE STUDY AT BARIGUI RIVER**, 2013. Trabalho de Conclusão (Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais), Departamento de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, 2013.

Informations about the nictemeral behavior of lotic ecosystems are rare in water quality monitoring. Nevertheless, a better comprehension of the process that occurs in rivers depends on recurrent and continuous monitoring, since it is dynamic and inter-relates with the environment, which may change its natural characteristics. Still, structural, financial and human resources restrain these studies, and demand a strategy optimized and adjusted to the objectives that were suggested. The legitimacy of the results of a singular sampling depends on the information's representativity compared to the daily changes on the environment. To elucidate this question, it was studied a sequence of parameters along of 14 hours in Barigui River, Tingui Park, Curitiba-PR. The results suggest significant differences between the sampling, and some parameters show expressive variability during the day.

**Keywords: Daily changes, water quality, Barigui river.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uso do solo da bacia do rio Barigui.....	32
Figura 2: Fotografia - Rio Barigui, no ponto de coleta.....	33
Figura 3: Fotografia - Entrada do parque Tingui.....	33
Figura 4: Ponto de coleta no rio Barigui. ....	34
Figura 5: Determinação de OD pelo método iodométrico. ....	36
Figura 6: Dados meteorológicos da primeira campanha. ....	37
Figura 7: Dados obtidos pela sonda em 05 de agosto. ....	39
Figura 8: Variação do OD em 05 de agosto. ....	40
Figura 9: Variação de sólidos suspensos e surfactantes em 05 de agosto.....	40
Figura 10: Variação da DBO e DQO em 05 de agosto.....	41
Figura 11: Variação de carbono orgânico dissolvido em 05 de agosto. ....	41
Figura 12: Variação de nitrogênio amoniacal em 05 de agosto.....	42
Figura 13: Dados de alcalinidade em 05 de agosto. ....	43
Figura 14: Dados meteorológicos em 03 de setembro.....	43
Figura 15: Dados obtidos através da sonda em 03 de setembro. ....	45
Figura 16: Variação de OD em 03 de setembro.....	46
Figura 17: Variação da DBO e DQO em 03 de setembro. ....	47
Figura 18: Variação de SST e surfactantes em 03 de setembro.....	47
Figura 19: Variação de nitrogênio amoniacal e ortofosfato em 03 de setembro.....	48
Figura 20: Variação da alcalinidade em 03 de setembro. ....	49
Figura 21: Dados meteorológicos em 20 de novembro.....	50
Figura 22: Variação de OD em 20 de novembro. ....	50
Figura 23: Variação da DQO e DBO em 20 de novembro. ....	51
Figura 24: Variação de SST e surfactante em 20 de novembro.....	52
Figura 25: Variação de nitrogênio amoniacal e ortofosfato em 20 de novembro.....	53
Figura 26: Variação de alcalinidade em 20 de novembro. ....	53
Figura 27: Variação da DQO entre campanhas. ....	54
Figura 28: Variação da DQO entre campanhas. ....	55
Figura 29: Variação da carga da DQO entre campanhas. ....	55
Figura 30: Variação da DBO entre campanhas.....	56
Figura 31: Variação da DBO entre campanhas.....	56
Figura 32: Variação da carga da DBO entre campanhas.....	57

Figura 33: Variação de ortofosfato entre campanhas.....	58
Figura 34: Variação de ortofosfato entre campanhas.....	59
Figura 35: Variação de nitrogênio amoniacal entre campanhas.....	60
Figura 36: Variação de nitrogênio amoniacal entre campanhas.....	60
Figura 37: Variação de surfactantes entre campanhas. ....	61
Figura 38: Variação de surfactantes entre campanhas. ....	61
Figura 39: Variação de SST entre campanhas.....	62
Figura 40: Variação de SST entre campanhas.....	62
Figura 41: Variação do OD iodométrico entre campanhas.....	63
Figura 42: Variação do OD iodometrico entre campanhas.....	63



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Relação DBO/DQO das campanhas. ....	57
Tabela 2: Resumo dos parâmetros. ....	65

## **LISTA DE SIGLAS**

<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido
<b>pH</b>	Potencial hidrogenionico
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxigênio
<b>SST</b>	Sólidos suspensos totais
<b>COT</b>	Carbono orgânico total
<b>COD</b>	Carbono orgânico dissolvido
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>UV-vis</b>	Ultravioleta e visível
<b>ETE</b>	Estação de tratamento de esgoto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
3.1	OBJETIVO GERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
4.1	QUALIDADE DA ÁGUA	19
4.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	21
4.2.1	Temperatura Da Água	21
4.2.2	Turbidez	21
4.2.3	Potencial Hidrogeniônico	22
4.2.4	Condutividade	22
4.2.5	Sólidos	22
4.2.6	Oxigênio Dissolvido	23
4.2.7	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	23
4.2.8	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	24
4.2.9	Carbono Orgânico Total (COT)	24
4.2.10	Surfactantes	25
4.2.11	Nitrogênio	26
4.2.12	Ortofosfato	27
4.2.13	Alcalinidade	27
4.3	ANÁLISE NICTEMERAL	28
4.4	AMOSTRAGEM	29
4.5	SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
<b>5</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>31</b>
5.1	PARQUE TINGUI	33
<b>6</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>35</b>
6.1	COLETAS	35
6.2	ANÁLISES EM CAMPO	35
6.2.1	Alcalinidade	35
6.2.2	Oxigênio Dissolvido	36
6.2.3	Temperatura, Condutividade, Turbidez, pH	36

6.2.4 Vazão .....	36
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
7.1 ANÁLISE NICTEMERAL .....	37
7.1.1 Primeira Campanha .....	37
7.1.2 Segunda Campanha .....	43
7.1.3 Terceira Campanha.....	49
7.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	54
7.2.1 Comparação entre parâmetros.....	54
7.2.2 Resumo Dos Parâmetros .....	64
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>9 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>76</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Com a revolução industrial, a partir do século XVIII, o homem passou a modificar extensivamente a natureza. Segundo Genda (1982), o surgimento de novos hábitos para atender ao desenvolvimento industrial alterou progressivamente os recursos naturais.

Para promover a urbanização e acelerar o processo industrial, a sociedade utiliza recursos naturais em um ritmo superior ao que estes podem ser renovados pelo sistema ecológico e, conseqüentemente, provoca uma desarmonia no equilíbrio natural. Somado a isso, ainda há a geração de produtos residuais em maiores proporções do que as suportadas pelo ciclo natural de nutrientes (MICHELS, 2004).

Estes impactos resultam tanto em desequilíbrio ecológico, quanto no comprometimento da qualidade de vida.

O padrão de qualidade de vida está diretamente relacionado à disponibilidade e à qualidade da água, considerando que é o recurso natural mais susceptível a impor limites ao desenvolvimento (TUNDISI, 2003).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais tais como a geologia, pedologia, cobertura vegetal (VON SPERLING, 1996), pelo uso e ocupação do solo e da atuação humana, que tem provocado grandes impactos nos ecossistemas aquáticos, sendo que os despejos de efluentes industriais e domésticos constituem-se na maior fonte antrópica de compostos químicos que são lançados nos corpos d'água (JUNGCLAUS et. al., 1978; STAHL, 1991).

A poluição da água se define como a alteração de sua qualidade natural pela ação do homem, que faz com que seja parcial ou totalmente imprópria para o uso a que se destina. Pode ocorrer principalmente por esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas, e precipitação de efluentes atmosféricos (STUDART; CAMPOS, 2003). Pode ser tanto pontual quanto difusa.

As fontes pontuais são mais previsíveis e fáceis de serem identificadas, como é o caso do lançamento de efluentes domésticos e industriais, provenientes principalmente de áreas urbanas. Além do mais, restringem-se a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta por meio de rede ou canais (MEYBECK, 2004). Em geral, pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento

apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor, tendo valores determinados, para descarga de efluentes, por leis ambientais (BRITO, 2003). A Resolução CONAMA 430/11 e a Lei nº 8935/89 sugerem limites na concentração de poluentes lançados em ecossistemas aquáticos para o âmbito nacional e estadual, respectivamente.

As fontes difusas compreendem o escoamento superficial urbano sobre áreas impermeáveis e agrícolas da bacia de drenagem, sendo mais difíceis de serem distinguidas. Apresentam múltiplos pontos de descarga contínua ao longo do rio, e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes carreados. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso do solo e na melhoria de programas de educação ambiental (MEYBECK, 2004).

Essas fontes de poluição variam espacial e temporalmente e podem alterar as características da água a ponto de inviabilizar seu emprego para o uso a que se destina, além de influir no seu enquadramento conforme a Resolução CONAMA 357/05.

Essa resolução estabelece cinco classes para os corpos de água doce: a especial se destina principalmente à preservação de ecossistemas; as seguintes indicam usos da água que dependem de parâmetros mais restritivos ou não e a classe 1 é a mais limitante em relação aos parâmetros estabelecidos, permitindo usos mais nobres. Esses usos vão sendo modificados até a classe quatro, destinada apenas à navegação e à harmonia paisagística.

Tendo em vista que a água se destina a usos múltiplos e é um recurso limitado e de domínio público, segundo o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), regulamentada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), faz-se necessária sua gestão objetivando garantir seu uso múltiplo atual e futuramente, de acordo com o enquadramento do corpo d'água.

Somado a isso, é essencial para a gestão das águas informações acerca das características hidrológicas da bacia, assim como o uso e ocupação do solo e o monitoramento daquele corpo d'água. Esse monitoramento ambiental tem como objetivo a geração de dados confiáveis para a escolha da melhor ação de gestão, e se utiliza de alguns instrumentos específicos para a avaliação do estado de preservação ou grau de degradação dos ecossistemas.

As alterações nas concentrações de variáveis químicas e biológicas são os aspectos de avaliação mais convencionais para a determinação do grau de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos. Dentre estas, a determinação do pH, do oxigênio dissolvido (OD) e da dureza, junto com outras variáveis como DQO (demanda química de oxigênio) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio) formam uma ferramenta importante para se determinar a influência de substâncias poluentes à biota aquática e, portanto, para se obter informações sobre a qualidade da água (GOULART; CALLISTO, 2001).

O monitoramento é um instrumento eficiente para a gestão do corpo hídrico, e utiliza as análises desses parâmetros para verificar as condições do ambiente. Assim sendo, esse processo se inicia com a coleta de amostras, considerando o local de coleta, os parâmetros a serem determinados e a frequência das amostragens, de forma a garantir um conjunto de informações representativos do estado do corpo d'água.

## 2 JUSTIFICATIVA

A importância da água está definida por seus atributos como recurso disponível a múltiplos usos, sendo elemento fundamental para a sociedade. A resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) explicita que para cada fim deste recurso exige-se determinada qualidade, porém seus usos acabam por modificar as características dos ambientes aquáticos, podendo interferir na sua qualidade.

Um exemplo claro dessa situação é o tratamento de esgoto. Tanto para o não tratado quanto para o tratado, quando lançados indiscriminadamente em corpos receptores alteram as características originais do ambiente através de mudanças no pH, redução da quantidade de oxigênio dissolvido e aumento da concentração de nutrientes na coluna d'água (FROEHNER; MARTINS, 2008).

O volume gerado de esgotos domésticos são maiores quanto maiores as concentrações urbanas, sendo considerado o principal causador da poluição aquática em comunidades com populações bastante expressivas. Apesar do avanço tecnológico, um sistema adequado para o tratamento da água dos esgotos ainda não é o suficiente, fazendo com que muitos rejeitos sejam depositados nas proximidades das casas ou nos cursos d'água (GENDA, 1982). Este procedimento de descarte "in natura" provoca uma série de efeitos sobre a fauna e flora aquática, e também a saúde humana (MAGOSSI; BONACELLA, 1994).

Para Curitiba e sua região metropolitana, segundo dados da SANEPAR (2011), o índice de atendimento com rede coletora de esgoto é, respectivamente, 93,41 e 71,10%, sendo que os índices de tratamento de efluentes são de 98,97 e 98,61%. Já a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000) demonstra que Curitiba e Região Metropolitana contam com 15 corpos receptores para despejo de esgoto, sendo que em 12 deles são lançados efluentes tratados e em 3 efluentes sem tratamento prévio.

Através do monitoramento é possível verificar as características qualitativas e quantitativas da qualidade da água, gerando dados que possam permitir a verificação de padrões em variações horárias, diárias ou sazonais. Essas informações, integradas aos conhecimentos relativos ao território e modo de vida da população local, tornam-se uma base indispensável para se determinar uma correta política em relação a esse recurso (ANA, 2003).



Trabalhos realizados pela comunidade científica comumente utilizam diferentes formas de amostragem em diferentes horários do dia. Porém, é necessário que se verifique se esse ponto é representativo do dia, e se não, qual seria o melhor horário.

Gonçalves *et. al.* (2011), em um estudo sobre o rio Iguaçu, ao “verificar o grau de influência que a localização do ponto de amostragem exerce sobre o resultado final” puderam concluir que não há diferença significativa ao longo de uma seção transversal desse rio. Assim, as coletas podem ser realizadas em um ponto de mais fácil acesso. O mesmo efeito poderia ocorrer com o horário da coleta, facilitando a obtenção de dados para a gestão dos recursos hídricos. Deste modo, além de poupar tempo para a equipe responsável pela gestão, minimizaria gastos para as análises se comparados a várias coletas ao longo do dia, aliando resultados expressivos à viabilidade da avaliação.

Contudo, no Brasil há poucos estudos acerca de padrões nictemerais e suas implicações no manejo dos ecossistemas lóticos. De acordo com Esteves (1988), em ambientes aquáticos tropicais pode haver peculiaridades dos ecossistemas que “possivelmente só sejam detectáveis através de uma análise diária”. Em um estudo com tratamento de esgotos, Miwa (2007) utilizou-se desse tipo de monitoramento para confirmar a alteração na qualidade da água do corpo receptor devido a pulsos de vazão no sistema. Também o fez Santos *et. al.* (2010), em seu monitoramento nictemeral acerca de tratamento de efluentes domésticos na cidade de Araraquara-SP, porém, com o monitoramento nictemeral como uma ferramenta de comparação para verificar a influência de uma ETE no local estudado.

Outros trabalhos avaliam os padrões de variação das comunidades dos ambientes e efluentes de ETE aliando o estudo com análises temporais (como pH e temperatura, por exemplo). Entre eles podem-se citar os de König *et. al.* (2010) e Fulan *et. al.* (2009). Em contrapartida, apesar deste tipo de análise não ser amplamente difundida no Brasil, a determinação de impactos em corpos aquáticos é frequentemente realizada em diversas localidades do país e do mundo. Assim sendo, os parâmetros físico-químicos são os melhores indicadores de poluição para tais práticas.

O monitoramento nictemeral é particularmente importante em eventos de precipitação nos quais a poluição difusa carregada pelo escoamento superficial e o transporte de sólidos podem alterar significativamente a qualidade da água. De

forma similar, em regiões urbanas, nas quais os rios que percorrem a cidade também são os corpos d'água receptores de seus efluentes, a qualidade de suas águas pode sofrer forte influência da variabilidade temporal dos despejos urbanos e industriais.

Tendo em vista estes aspectos, faz-se importante a realização de estudos acerca da qualidade dos recursos hídricos, enfatizando a análise da variação nictemeral (período de 24 horas) de parâmetros físicos e químicos. Isso a fim de se obter uma melhor compreensão sobre o comportamento da coluna d'água em período de tempo menor dentro desses ambientes urbanos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a variação nictemeral dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água do Rio Barigui, a fim de elucidar a questão da representatividade de uma amostragem única.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar as variáveis de qualidade, como: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH, oxigênio dissolvido (OD), ortofosfato, nitrogênio amoniacal e carbono orgânico dissolvido (COD) do ponto amostral.
- Determinar um polutograma de carga vs. tempo para as campanhas realizadas.
- Esclarecer a questão da representatividade de uma amostragem única.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A água recobre três quartos da superfície da Terra, e constitui também três quartos do organismo humano. Dentre todos os elementos que compõem a natureza, a água é que se mostra essencial à vida (MAGALHÃES, 2004). Apesar de ser abundante no planeta, possui uma disponibilidade pequena para uso humano. A maior parte disponível na Terra é salgada (97,5%), sendo inadequada para o consumo sem tratamento. Desta forma, a água doce corresponde a pouco mais de 2,5% do volume total desse recurso, e apenas uma pequena parcela (0,27%) se apresenta sob forma utilizável pelo homem em rios e lagos (MAGALHÃES, 2004).

Considerando o volume de água disponível na Terra, sabe-se que não há propriamente uma escassez hídrica, mas uma má distribuição espacial e temporal que, somada à distribuição irregular da população humana, faz com que algumas regiões sofram permanentemente com a falta desse recurso. O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do mundo: 13,8% do escoamento médio mundial, tendo em território nacional a produção hídrica de  $182.170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , porém sua distribuição ocorre de forma irregular entre as regiões. Segundo Galindo (2004), ao Norte do país estão concentrados aproximadamente 70% da água disponível para uso, onde habita apenas 7% da população nacional, enquanto os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, para atender a 93% da população. A região Nordeste, onde vive cerca de 28% da população brasileira, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos nacionais.

Durante anos a sociedade considerou a água como um recurso inesgotável, e a utilizou de forma insustentável. Com a aceleração do crescimento populacional, foi utilizada de maneira intensa pelos diversos ramos de atividades, dentre eles doméstica, agrícola e industrial. Esses fatores levaram a constatação de que a água torna-se um bem mais escasso, e essa escassez ocorre principalmente pela deterioração da qualidade da água, que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e ocasiona uma demanda superior à oferta (MAIA, 2002). Com isso, é necessário o uso racional e equilibrado desse recurso, garantindo sua conservação e sustentabilidade (FARIAS, 2006).

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão interligados. A qualidade da água reflete sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. É, também, um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na propriedade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada por atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (BRANCO, 1991).

Se por um lado à industrialização e conseqüente urbanização têm resultado no aumento da demanda da água, por outro lado aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d'água (HOLT, 2000). A urbanização provoca alterações na composição atmosférica, nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos receptores e outros corpos d' água e no solo da bacia (NOVOTNY *et. al.*, 1993). As significativas fontes de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não tratados, escoamento, deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

Os esgotos domésticos são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microorganismos, nutrientes, óleos e graxas, detergentes e metais (BENETTI; BIDONE, 1995). Seu tratamento tem por objetivo reduzir seu conteúdo orgânico, inorgânico e biológico, diminuindo o risco que ele representa para a saúde pública e o meio ambiente (OLIVEIRA, 2010), e melhorando seu aspecto estético. Quando ele é lançado em quantidade superior à capacidade de assimilação do corpo d'água, isto é, sua capacidade de autodepuração, o ambiente fica sobrecarregado, alterando seu equilíbrio (BRANCO, 1986).

Para que esse equilíbrio seja reestabelecido, ao atingir o corpo d'água o efluente passa por um processo natural de autodepuração, o qual conta com microorganismos que consomem o oxigênio dissolvido em seus processos metabólicos, estabilizando a matéria orgânica disponível (VON SPERLING, 2005). Uma maneira de verificar a capacidade de depuração do corpo aquático é monitorar os parâmetros de qualidade da água, com base em procedimentos técnicos já consagrados no campo científico como os propostos pelo *Standard Methods*.

## 4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As análises físicos e químicas identificam a presença e as concentrações de diferentes poluentes (BERTOLETTI; NIPPER; MAGALHÃES, 1992). A seleção dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água deve levar em conta, além dos objetivos do monitoramento, os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na sua área de drenagem. Os conhecimentos destas variações poderão ser manipulados e utilizados para a previsão da qualidade da água durante o ano hidrológico (FREIRE, 2000).

### 4.2.1 Temperatura Da Água

A temperatura influencia nos processos físicos, químicos e biológicos da água. Sua densidade e viscosidade são alteradas, fato que acaba por interferir na sedimentação de materiais, na solubilidade e na troca de gases com a atmosfera e na taxa metabólica dos organismos aquáticos (IAP, 2005). Uma maior temperatura reduz a quantidade de oxigênio dissolvido disponível, afetando, conseqüentemente, os outros componentes do sistema (EPA, 1997).

### 4.2.2 Turbidez

A turbidez é uma medida do quanto os materiais em suspensão no corpo hídrico interferem na passagem da luz na coluna d'água (EPA, 1997). Estes sólidos em suspensão podem ser partículas inorgânicas (areia, silte, argila), detritos orgânicos, algas, bactérias, e outras moléculas orgânicas.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (VON SPERLING, 2005). Pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, por reduzir a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas, que por sua vez, pode suprimir a produtividade de peixes. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional dos corpos d'água (IAP, 2005).

#### 4.2.3 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro que indica a concentração de íons  $H^+$  no ambiente. O valor do potencial hidrogeniônico (pH) de águas limpas pode ser influenciado pelo sistema carbonato, introdução de substâncias húmicas ou pela entrada de água subterrânea com características ácidas ou alcalinas. Além disso, também pode variar de acordo com a temperatura e sais minerais presentes no meio aquático.

O lançamento de efluentes nos corpos d'água e as transformações microbianas de matéria orgânica contribuem para a modificação do pH (VON SPERLING, 2005). Valores de pH entre 6,0 e 9,0 são considerados compatíveis a longo prazo para a sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos. A violação destes limites por longos períodos de tempo, ou fortes oscilações de pH em curto prazo, resultam na inibição dos processos metabólicos, na mobilidade de certos contaminantes, na redução de espécies de organismos ou no poder de autodepuração do corpo d'água (EPA, 1997).

#### 4.2.4 Condutividade

A condutividade representa a capacidade de condução da energia elétrica pela água, expressa em micro-Siemens/cm ( $\mu S/cm$ ) ou mili-Siemens/cm ( $mS/cm$ ). A presença de sais dissolvidos na água na forma de íons dissociados eletroliticamente resulta em condutividade. Estes íons podem ter origem antropogênica, de descargas industriais, esgotos domésticos provenientes de residências e do comércio, ou natural como a decomposição de rochas (EPA, 1997).

#### 4.2.5 Sólidos

Os sólidos são substâncias que se apresentam dissolvidos ou suspensos na água e que tem propriedades físicas de secagem e queima semelhante. No geral, os sólidos dissolvidos são partículas com diâmetro inferior a  $10^{-3}\mu m$ , como cloretos e nitratos. Sólidos suspensos são os de diâmetro superior a  $1\mu m$ , como alguns sais,

fitoplâncton e matéria orgânica. Há ainda os chamados sólidos coloidais, como as argilas, de diâmetro entre  $10^{-3}\mu\text{m}$  e  $1\mu\text{m}$  (VON SPERLING, 2005).

Valores elevados de sólidos suspensos podem indicar não apenas a contaminação orgânica recente dos rios por efluentes domésticos ou industriais, mas também um excesso de matéria sólida levada aos rios por erosão, movimentação de terra na bacia e a perda da mata ciliar (IAP, 2005). Águas com altos valores de sólidos suspensos podem ter sua utilidade comprometida, uma vez que as partículas podem carrear compostos tóxicos, além de influenciarem a profundidade da zona eufótica (EPA, 1997).

#### 4.2.6 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros físico-químicos mais importantes a serem determinados por ser fundamental para a vida de microorganismos aeróbicos, responsáveis pela degradação da matéria orgânica (JORDÃO e PESSOA, 1939). Ele avalia as condições de um ambiente aquático, uma vez que é indispensável nos processos metabólicos dos seres vivos. A concentração de oxigênio na água depende de fatores físicos, como a difusão na interface ar-atmosfera e a turbulência na água; fatores químicos, como os processos de oxidação de substâncias inorgânicas reduzidas; e de fatores biológicos, como a fotossíntese (ESTEVES, 1988).

Suas principais fontes são a reaeração e a fotossíntese. Suas perdas ocorrem através da decomposição de compostos orgânicos e a demanda do sedimento (ESTEVES, 1998). O oxigênio dissolvido indica condições de vida e permite a autopurificação do ambiente aquático, enquanto que sua falta indica condições contrárias a essa citada anteriormente (MACEDO, 2005).

#### 4.2.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana para a forma inorgânica estável, durante um período de cinco dias em uma temperatura de incubação de  $20^{\circ}\text{C}$  (EPA, 1997). Nesse processo



há o consumo de oxigênio da água e liberação da energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas no metabolismo dos microrganismos heterotróficos.

Os maiores aumentos em termos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. Assim, o grau de poluição de um corpo d'água e o desempenho de um processo de tratamento de águas residuárias pode ser avaliado ao se medir esse parâmetro. 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 (IAP, 2005).

#### 4.2.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Este parâmetro indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (EPA, 1997). O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem doméstica e industrial (VON SPERLING, 2005).

A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Os resultados da DQO de uma amostra devem ser sempre superiores ou iguais aos de DBO. Como neste último, se mede apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO, mais facilmente biodegradável será a amostra analisada (IAP, 2005).

#### 4.2.9 Carbono Orgânico Total (COT)

O carbono orgânico total é uma medida direta da matéria orgânica carbonácea existente numa amostra de água ou de efluentes. A presença de carbono orgânico em águas limpas e residuárias corresponde à diversidade de compostos orgânicos em vários estados de oxidação. Ao oxidar-se, o carbono consome o oxigênio dissolvido na água, assim como outros elementos. Esse consumo pode ser medido através de DBO ou DQO, que retratam a matéria orgânica de forma indireta. A determinação de carbono orgânico total (COT)

caracteriza apenas compostos de carbono, não substituindo as outras análises (HEM, 2001; VON SPERLING, 2005).

O carbono orgânico total presente na água também é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico, uma vez que os compostos de carbono chegam aos ambientes aquáticos através de descarga de dejetos domésticos e industriais, e pela decomposição de matéria orgânica vegetal (MARTINS, 2008).

#### 4.2.10 Surfactantes

Surfactantes são compostos constituídos de uma longa cadeia carbônica, insolúvel em água (parte hidrofóbica), porém solúvel em óleos e gorduras, acompanhadas de um maior ou menor grupo de átomos com atração pela água. Na superfície do líquido, a parte hidrofílica da substância tensoativa adere às moléculas da água, quebrando suas atrações intra-moleculares, reduzindo desta forma, a tensão superficial.

As moléculas surfactantes são classificadas de acordo com o grupo e carga iônica que carregam na porção hidrofílica. As classes são basicamente as aniônicas, catiônicas e não-iônicas. Os surfactantes mais comuns são os aniônicos que apresentam sulfato na estrutura, como o Lauril Sulfato de Sódio e Lauril Sulfato de Amônio. Já os catiônicos mais comuns são os sais de amônio quaternário como as alquil aminas (MANIASSO, 2001). Para a qualidade de águas, são analisados, portanto, os aniônicos. Estes são, por definição, substâncias que se associam com um cátion intensamente aderido ao azul de metileno, formando um complexo de associação o qual é extraível com clorofórmio (IAP, 2005).

Em processos industriais ou domésticos de lavagem, normalmente os sabões ou detergentes contendo a sujeira removida seguem para sistemas de esgoto e de lá para rios e lagos. Após certo tempo, esses resíduos, se biodegradáveis, são decompostos por microorganismos. Se forem não biodegradáveis acumulam-se no meio, formando uma camada de espuma que levam a prejuízos de ordem estética, atuam como transportador de microorganismos, principalmente bactérias, e também alteram o equilíbrio natural ao impedir a entrada de oxigênio no meio aquático, causando profundas alterações no ecossistema (ZAGO *et. al*). Os detergentes têm sido responsabilizados também pela

aceleração da eutrofização do meio aquático, por conter quantidade significativa de compostos a base de fosfatos. O fosfato atua como agente complexante dos metais cálcio ( $\text{Ca}^+$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^+$ ) em águas de dureza elevada, os quais impedem a formação de espuma e, portanto, a eficiência do tensoativo.

#### 4.2.11 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária (ESTEVES, 1998). Está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, como o nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico dissolvido, na forma de peptídeos, purinas, aminoácidos, nitrogênio orgânico particulado, bactérias, fitoplâncton. A introdução desse nutriente por efluentes não tratados ou de estações de tratamento de esgotos que não removem ou reduzem a quantidade necessária desse elemento contribui para a superprodução de algas e cianobactérias nos corpos receptores (BRANCO, 1986).

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a principal forma de nitrogênio encontrada na água sendo que valores superiores a 5 mg/L normalmente indicam condições sanitárias inadequadas, uma vez que a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos.

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade, em virtude da sua instabilidade na presença de oxigênio. Quando nos ecossistemas aquáticos, indica a presença de processo biológico ativo influenciado por poluição orgânica.

O nitrogênio amoniacal ( $\text{N}(\text{NH}_3)$ ) é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA, 1995). Abrange as concentrações das formas do nitrogênio como a amônia. A amônia é bastante restritiva aos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L.

A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. Altas concentrações de amônia podem ser geradas por efluentes domésticos, industriais e da agricultura. A amônia nas águas é oxidada por microrganismos nitrificantes, via nitrito, para o

nitrato, podendo significar uma carga grande para o equilíbrio do oxigênio no corpo hídrico, representando uma demanda nitrogenada adicional de oxigênio (IAP, 2005). Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade de água.

#### 4.2.12 Ortofosfato

O fósforo é um elemento biogênico (presente na biota) de grande importância no metabolismo biológico. Em comparação com os demais nutrientes, é o fator mais limitante na produtividade primária. Em grandes quantidades na água, favorece a produção biológica e, conseqüentemente, a eutrofização (ESTEVES, 1998). É um elemento não metálico que pode ocorrer em numerosas formas orgânicas e inorgânicas, podendo estar presente em águas como substância dissolvida e particulada, na forma de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico (VON SPERLING, 2005).

A forma mais importante é o ortofosfato, pois, é a maneira como as plantas aquáticas e o fitoplâncton podem absorvê-lo. Nos trópicos, os ortofosfatos são consumidos mais rapidamente, uma vez que as altas temperaturas aumentam o metabolismo das plantas e do fitoplâncton, fazendo com que os valores sejam em geral baixos (ESTEVES, 1998). As origens naturais são provenientes da dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica. Já as antropogênicas decorrem dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

#### 4.2.13 Alcalinidade

A alcalinidade se resume à capacidade que uma amostra de água possui de neutralizar compostos ácidos. Isso se deve à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos, expressa em termos de carbonato de cálcio (NBR 9896/1993). A distribuição entre os íons e, portanto, as formas de alcalinidade são dependentes da temperatura e do pH (CHAPRA, 1999). Entre o pH 4,4 e 8,3, é devida a íons bicarbonatos, portanto na

maior parte dos ambientes aquáticos, a alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos (VILLA, 2005).

### 4.3 ANÁLISE NICTEMERAL

A análise nictemeral consiste em analisar a variação de parâmetros físicos, químicos e/ou biológicos em um período de 24 horas (ciclo de variação nictemeral). É um processo científico que visa esclarecer as interações múltiplas entre essas variáveis e os fatores climáticos regionais que determinam a qualidade da água dos corpos hídricos (DINIZ *et al.*, 2002).

A dinâmica intra-dia tem grande importância para indicar os principais mecanismos e as interações que ocorrem em curtos períodos de tempo nos sistemas aquáticos. Vale ressaltar que esse estudo depende do objetivo proposto pelo monitoramento ambiental.

As avaliações deste tipo são mais frequentes em lagos e reservatórios, porém quanto a análise em rios poucos estudos são relatados na literatura. Tal fato pode ser limitado pelos aspectos logísticos, humanos e, principalmente, financeiros (LOVETT *et al.*, 2007). Para realizar uma análise com estas características, é necessária a colaboração de um grupo de pessoas que disponham de tempo e recursos suficientes. Isso engloba: (i) a preparação prévia do material a ser usado na coleta e nas análises laboratoriais, (ii) o deslocamento para a região de estudo, que muitas vezes é remota, (iii) amostragem e armazenamento das amostras, e (iv) a longa rotina laboratorial de análises, em especial quando a quantidade de amostras e parâmetros analisados é grande. As amostras devem ser analisadas num breve período (até 48h) para que a confiabilidade do resultado não seja comprometida.

Com destaque para as questões logísticas, a infraestrutura e condições de acesso da região de estudo podem ser grandes limitantes à abordagem nictemeral ou onerar o processo. Devido a esta limitação, as amostragens se restringem a ocasiões onde há um grande evento, como períodos de estratificação e circulação da coluna d'água (ANTILLA *et al.*, 2011). Porém, há também variações em menores espaços de tempo, e o entendimento dos padrões de cada corpo d'água é a chave para a organização e frequência de monitoramentos e estudos com os mais variados escopos.

#### 4.4 AMOSTRAGEM

Visando a obtenção de resultados expressivos e livres de interferências circunstanciais, as coletas devem seguir procedimentos técnicos nacionais ou internacionais previamente estabelecidos. A norma nacional que define as técnicas de amostragem e de preservação de amostras de efluentes líquidos e corpos receptores está estabelecida na NBR 9.898/1987 (ABNT, 1987). Nela, são exigidos desde a presença de pessoal habilitado até as condições de armazenamento a que as amostras devem ser submetidas.

Para os parâmetros físico-químicos podem ser utilizados frascos de plástico ou de vidro, sendo que o volume mínimo a ser coletado varia de 100 a 2000 mL. A preservação, para a maioria dos parâmetros, é realizada por resfriamento de 4°C ou congelamento imediato e o prazo de análise entre 12 horas e 180 dias, dependendo do parâmetro a ser realizado (ABNT, 1987).

Para a coleta, devem-se evitar áreas estagnadas ou locais muito próximos à margem. Para o caso de coleta manual, esta é realizada com o próprio frasco da análise, mergulhando-o rapidamente com a boca para baixo, até cerca de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, evitando, assim, a introdução de contaminantes superficiais. A boca do frasco deve ser direcionada em sentido contracorrente (ABNT, 1987).

#### 4.5 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os procedimentos analíticos qualificam e quantificam os compostos poluidores das amostras retiradas do ambiente aquático. Deste modo, utilizam-se os dados obtidos em laboratório para melhor gerenciamento do recurso hídrico.

A análise dos parâmetros DBO e DQO geram informações acerca da quantidade e biodegradabilidade da matéria orgânica em corpos d'água. Estas análises refletem de maneira indireta a quantidade de matéria orgânica em termos de consumo de oxigênio dissolvido, enquanto que o COT determina diretamente a matéria orgânica em questão.

A presença de nitrogênio e fósforo no ambiente aquático permite saber sobre o tipo principal de poluição e o estágio de degradação em que se encontra. Alta concentração de nitrogênio amoniacal além de indicar a presença de esgotos,

contribui para a degradação da qualidade da água, uma vez que aumenta a demanda de oxigênio para o processo de nitrificação.

Em se tratando de turbidez e sólidos suspensos totais, podem-se avaliar as condições para passagem de luz na coluna d'água e conseqüente realização da fotossíntese no ambiente aquático. Já o pH regula as reações químicas e solubilidade dos compostos químicos na água. Finalmente, os surfactantes, se presentes excessivamente nos rios, alteram a tensão superficial da água, dificultando a troca gasosa entre a interface água-atmosfera, gerando desequilíbrio no manejo da vida neste meio.

Para que esses parâmetros reflitam corretamente a qualidade da água do ambiente naquele momento, uma amostragem feita corretamente é extremamente necessária. Os métodos de amostragem, assim como o preparo prévio do material a ser utilizado são um indicativo da confiabilidade dos resultados obtidos. Além disso, padronizam a maneira como as alíquotas são obtidas, permitindo que diferentes estudos possam ser comparados.

## 5 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do rio Barigui localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense, na Região Metropolitana de Curitiba, entre as coordenadas 25° 13' 24" e 25° 38' 23" Sul e 49° 15' 00" e 49° 22' 29" Oeste. Percorre no sentido norte-sul os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba e Araucária, e faz divisa com os municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo, Araucária, Fazenda do Rio Grande, São José dos Pinhais, Pinhais e Colombo.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é o Cfb, com chuvas bem distribuídas anualmente (1300-1500 mm/ano) e inverno rigoroso. A temperatura média anual do mês mais quente é inferior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C anualmente (BARDDAL *et al.*, 2003).

É afluente da margem direita do rio Iguaçu e suas nascentes estão localizadas na serra da Betara, próximo à divisa dos municípios de Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul. Possui extensão de aproximadamente 67 km e a área de drenagem totaliza em 279 km<sup>2</sup>, sendo 144 km<sup>2</sup> distribuídos no município Curitiba. Suas áreas verdes correspondem a 28 km<sup>2</sup>.

Segundo Froehner *et al.* (2008) na região norte da Bacia, pertencente ao município de Almirante Tamandaré, predomina o uso rural do solo, totalizando cerca de 16% do uso da bacia, com a ocorrência de núcleos urbanos dispersos, estando entre eles a cidade de Almirante Tamandaré. Na região média da Bacia, que contém parte do município de Curitiba, a ocupação urbana é preponderante, com predominância dos usos residencial, comercial e de serviços (Figura 1).

Os dados demográficos demonstram a existência de 161.455 domicílios, correspondendo a 472.571 habitantes (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2008). A bacia do rio Barigui ocupa perto de 35% do total de bacias de Curitiba, sendo assim de grande importância.

O rio Barigui é enquadrado, segundo a Portaria SUREHMA nº 20/92 (INSTITUTO DAS ÁGUAS/SUREHMA, 1992), como classe 2 por toda sua extensão até o lago Barigui, cuja jusante passa a ser classificada como classe 3 até que desague no rio Iguaçu. Neste estudo foi selecionado o parque Tingui, localizado na região norte do município de Curitiba e à montante do parque Barigui, portanto onde o rio se classifica como classe 2 (Figura 2).



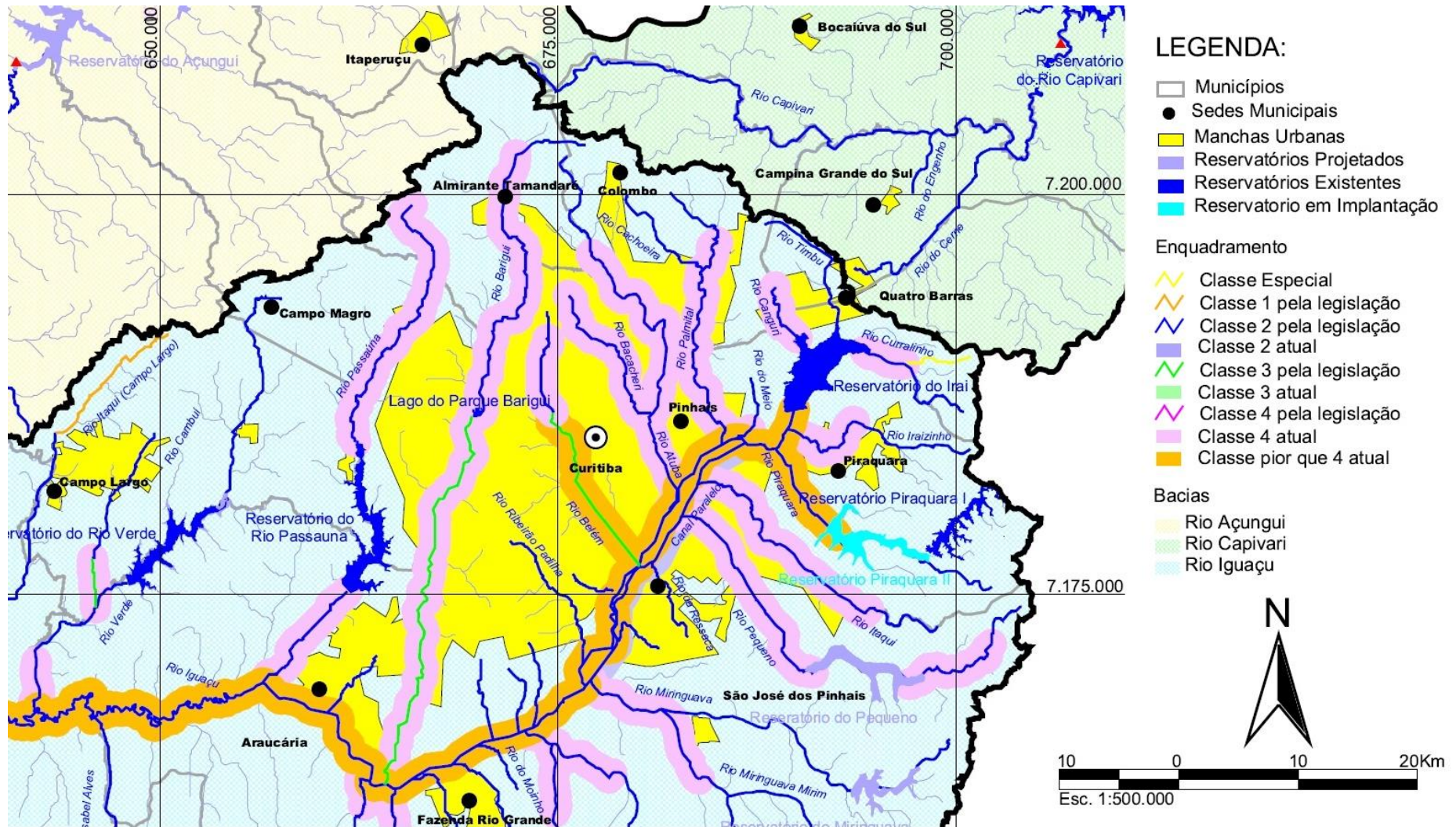


Figura 1: Uso do solo da bacia do rio Barigui.  
 Fonte: Projeto Guarani, 2006; SUDERHSA, 2006; SEMA, 2004; SANEPAR 2005.





**Figura 2: Fotografia - Rio Barigui, no ponto de coleta.**  
Fonte: Autoria própria.

### 5.1 PARQUE TINGUI

Às margens do rio Barigui foi estabelecido, em 1994, o Parque Tingui (Figura 3 e 4), com 0,38 km<sup>2</sup> de área. O parque encontra-se no bairro São José, região norte de Curitiba e sua extensão abrange um trecho do rio Barigui. O mesmo faz parte de um projeto mais amplo, que prevê a implantação de parques por todo o rio (SMMA, 2012).



**Figura 3: Fotografia - Entrada do parque Tingui.**  
Fonte: Autoria própria.





Figura 4: Ponto de coleta no rio Barigui.  
Fonte: Dados cartográficos ©2013 Google, MapLink.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 COLETAS

As campanhas foram realizadas nos dias 05 de agosto (domingo) com o tempo aberto, 03 de setembro (segunda-feira) inicialmente com sol entre nuvens e ao fim da tarde com chuva e 20 de novembro (terça-feira) de 2012, também com tempo aberto. Apesar da precipitação ocorrida na segunda campanha, esta não foi suficiente para alterar as propriedades do corpo hídrico. Dias diferentes da semana foram escolhidos para avaliar como seria o comportamento dos parâmetros analisados e se há diferença significativa entre os dias amostrados.

Para cada dia, a coleta iniciou às 7:00 e se encerrou às 21:00, sendo que cada amostra foi coletada com intervalos de 2h, totalizando 8 amostragens para cada parâmetro analisado, com exceção dos surfactantes, com três amostragens por campanha.

As amostras foram coletadas em frascos de 1000 mL e armazenadas em caixas térmicas, contendo gelo, até a chegada ao Laboratório de Resíduos, LEPER, situado no Departamento Acadêmico de Química e Biologia, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. No laboratório as amostras foram separadas e armazenadas em geladeira a 4°C. As alíquotas, procedimentos usuais para limpeza de frascos de coleta, técnicas de amostragem e a preservação das amostras retiradas do corpo receptor seguem recomendações da NBR 9898/87 (ABNT, 1987b) e NBR 9.879 (ABNT, 1987a).

As análises foram realizadas em no máximo 48 horas sendo analisados os seguintes parâmetros: DBO, DQO, carbono orgânico dissolvido, surfactantes, sólidos suspensos totais, nitrogênio amoniacal e ortofosfato. Todas as determinações seguiram o protocolo sugerido pela *Standard Methods* (APHA, 2005).

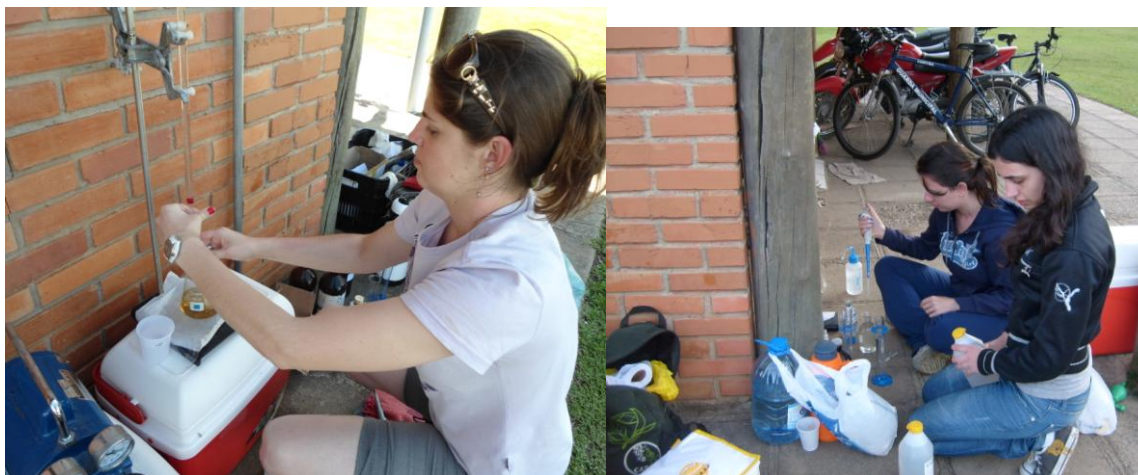
### 6.2 ANÁLISES EM CAMPO

#### 6.2.1 Alcalinidade

As análises de alcalinidade foram realizadas segundo *Standard Methods* (APHA, 2005), por meio de método titulométrico usando indicador metil-orange.

### 6.2.2 Oxigênio Dissolvido

As análises de oxigênio dissolvido foram determinadas de duas maneiras distintas: segundo *Standard Methods* (APHA, 2005), por meio do método de iodometria (Figura 5) e pela utilização de equipamento utilizando uma sonda Multiparâmetro Horiba U-50, determinando os valores de OD a cada cinco minutos.



**Figura 5: Determinação de OD pelo método iodométrico.**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 6.2.3 Temperatura, Condutividade, Turbidez, pH

Estes parâmetros foram determinados, em intervalos de cinco minutos, através da utilização de uma sonda Multiparâmetro Horiba U-50, devidamente calibrada.

### 6.2.4 Vazão

Em todas as campanhas foi realizada a medição da vazão à vau, utilizando o equipamento FlowTracker Handheld-ADV® da Sontek.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados por campanha e por análises estatísticas realizadas com os dados obtidos. Os dados obtidos pelo sensor e os analíticos se encontram nos apêndices, organizados por campanha.

As vazões foram medidas uma única vez em todas as campanhas, sendo mensuradas a cada variação significativa no nível do corpo d'água. A vazão da primeira campanha foi de  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , a da segunda foi  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$  e a da última foi de  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 7.1 ANÁLISE NICTEMERAL

#### 7.1.1 Primeira Campanha

A Figura 6 ilustra os dados meteorológicos obtidos durante a primeira campanha. Não houve precipitação durante o dia e o vento só aumentou de intensidade a partir das 10:00. A temperatura do ar variou entre  $11,5 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $21,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

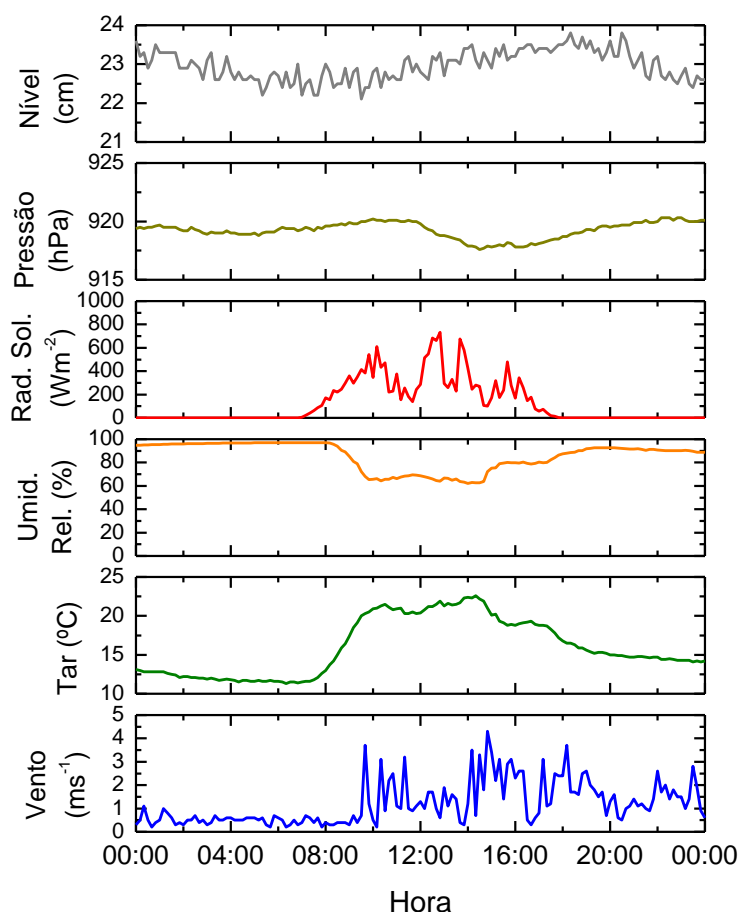


Figura 6: Dados meteorológicos da primeira campanha.



Os dados de qualidade obtidos através da sonda multiparâmetro estão dispostos na Figura 7. A temperatura da água apresentou um acréscimo de aproximadamente 1 °C ao longo do dia, a qual era 15,5 °C às 7:00 e 16,6 °C às 21:00. A variação acompanhou a variação da temperatura do ar defasado no tempo.

Observou-se que a turbidez, segundo a Figura 7, manteve-se praticamente constante, em torno de 20 NTU. Contudo, observa-se um decréscimo inicial entre 8:00 e 10:00, de 30,3 para 20 NTU. A partir deste momento, houve uma estabilização, sendo interrompida próximo às 18:00, quando ocorreu um pico de 39,6 NTU. Antes das 19:00 a curva voltou ao normal, mas a partir das 19:30, há um indício de nova variação com aumento da turbidez. Apesar destas variações, os valores são considerados relativamente baixos, visto que a legislação (CONAMA 357/05) estipula valores de até 100 NTU para rios de classe dois.

O pH apresentou variação de até 0,23 ao longo do dia. Contudo, o corpo hídrico manteve-se com o pH em torno de 7,6. Estes valores são considerados compatíveis a longo prazo para a sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos (EPA, 1997). Praticamente no mesmo momento da leitura de pico da turbidez, ocorreu também uma leitura menor de pH e uma redução permanente da condutividade, fenômenos que podem estar relacionados à alguma descarga no rio.

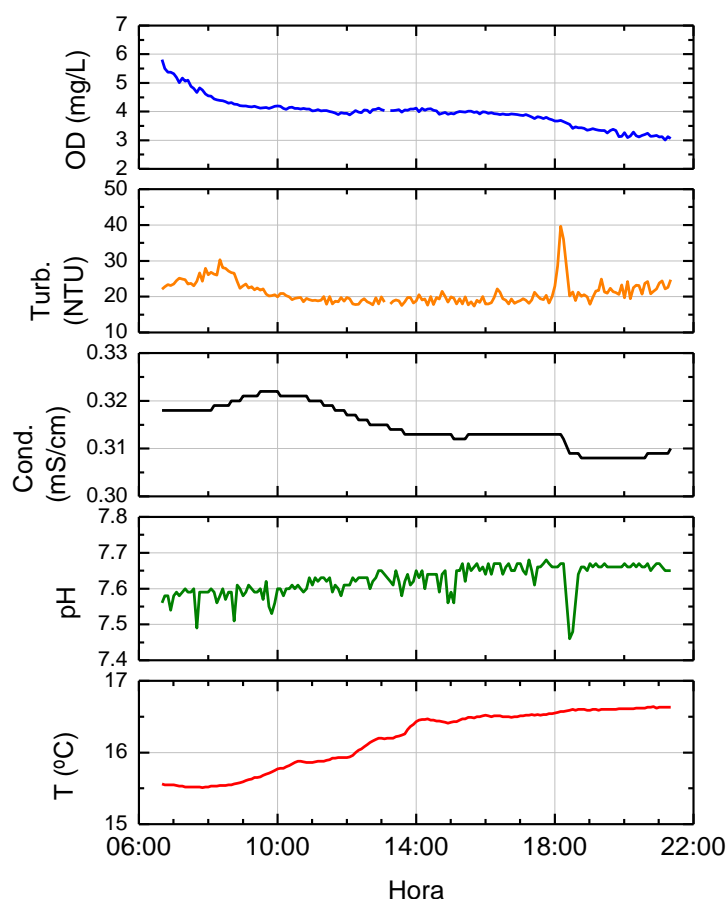
A condutividade (Figura 7) decaiu ao longo do dia, apresentando um valor máximo que ocorre entre as 9:00 e 10:00 enquanto o mínimo situa-se entre 19:00 e 21:00. Estes valores, de acordo com Margalef (1986), são considerados baixos, uma vez que as águas naturais, em geral, apresentam condutividade até 10 mS/cm.

Os resultados obtidos pela sonda multiparamétrica detectaram valores de oxigênio dissolvido que apresentam comportamento decrescente durante as 14 horas monitoradas (Figura 8). No início da coleta, a concentração de OD é de aproximadamente 6,0 mgO<sub>2</sub>/L, enquanto que no último momento monitorado a concentração estava próxima a 3,0 mgO<sub>2</sub>/L.

Assim como os dados obtidos pela sonda, o método iodométrico também acusou a redução da concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água ao longo do dia (Figura 8:). Os valores oscilam entre 5,3 e 7,0 mgO<sub>2</sub>/L, próximos às concentrações lidas pela sonda.

As concentrações são superiores a 5 mgO<sub>2</sub>/L, limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2. Desta forma, considerando os dados obtidos analiticamente o rio esta sempre de acordo com o limite estabelecido, enquanto que os dados da sonda implicam em um resultado oposto.

Apesar de a curva também indicar redução de OD, percebe-se a diferença entre os dois métodos. Essa discrepância já foi observada em outros trabalhos, como os de Koide (2005) e Braga (2005). Neles, foram observadas altas variações de até 82% entre o obtido com o sensor e o resultado gerado diretamente. Este sensor dispõe de uma membrana, a qual pode ser saturada por sólidos ou pela formação de um biofilme com o passar do tempo. Desse modo, o sensor pode sofrer dano, se não mexido ao longo das amostragens.

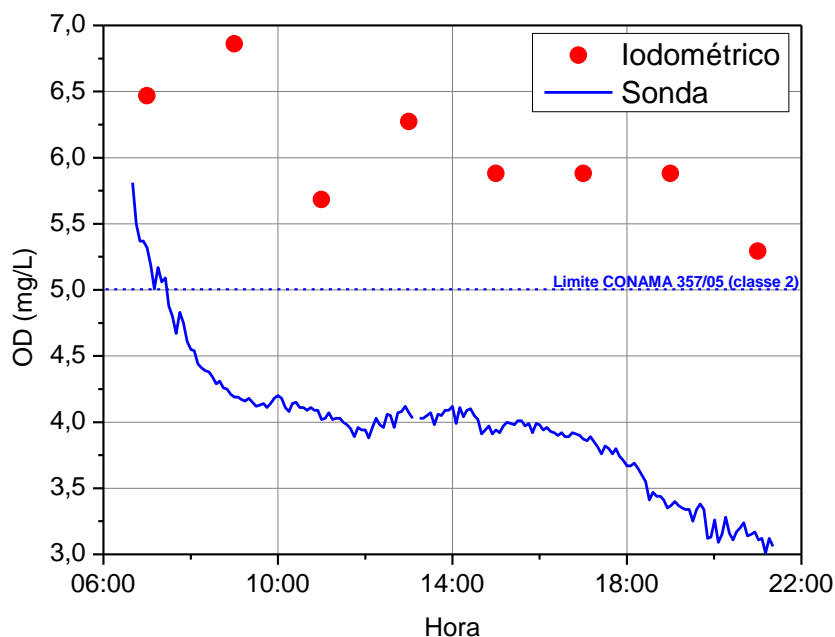


**Figura 7: Dados obtidos pela sonda em 05 de agosto.**

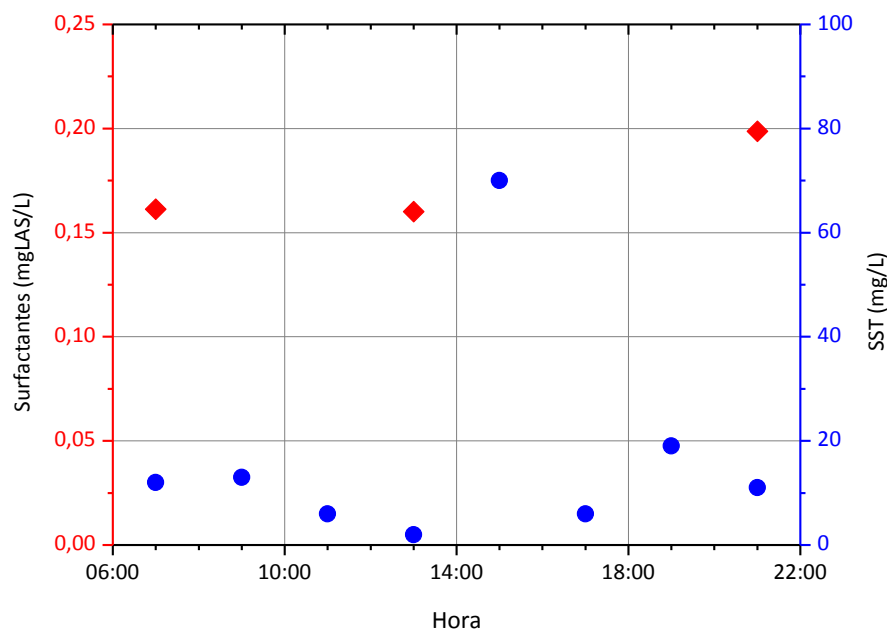
De acordo com a Figura 9, pode-se observar que a concentração de sólidos é maior no início da manhã e no início da noite, variando entre 6 e 19 mg/L. O valor de 70 mg/L, ocorrido às 15:00 provavelmente é devido a erros laboratoriais ou amostrais, uma vez que não apresenta correlação com nenhuma outra variável amostrada, química ou física, e apresentando valor muito discrepante.

A concentração de surfactantes se mantém praticamente estável das 07:00 às 13:00, aumentando progressivamente a partir de então. Apesar desse acréscimo ao final do dia, os valores encontrados estão bem abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2, que é de 0,5 mg/L de LAS (Figura 9).





**Figura 8: Variação do OD em 05 de agosto.**

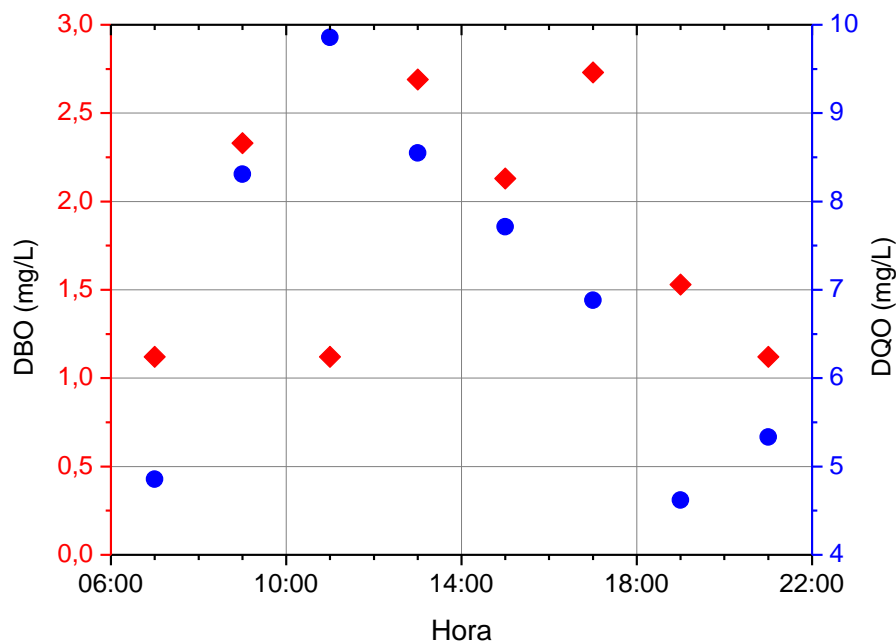


**Figura 9: Variação de sólidos suspensos e surfactantes em 05 de agosto.**

O parâmetro demanda bioquímica de oxigênio apresenta sua concentração máxima às 17:00, 2,73 mgO<sub>2</sub>/L, enquanto os valores mínimos são observados às 7:00, 11:00 e 21:00 com 1,12 mgO<sub>2</sub>/L (Figura 10). As concentrações estão dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05, que é até 5 mgO<sub>2</sub>/L, para rios enquadrados na classe 2.

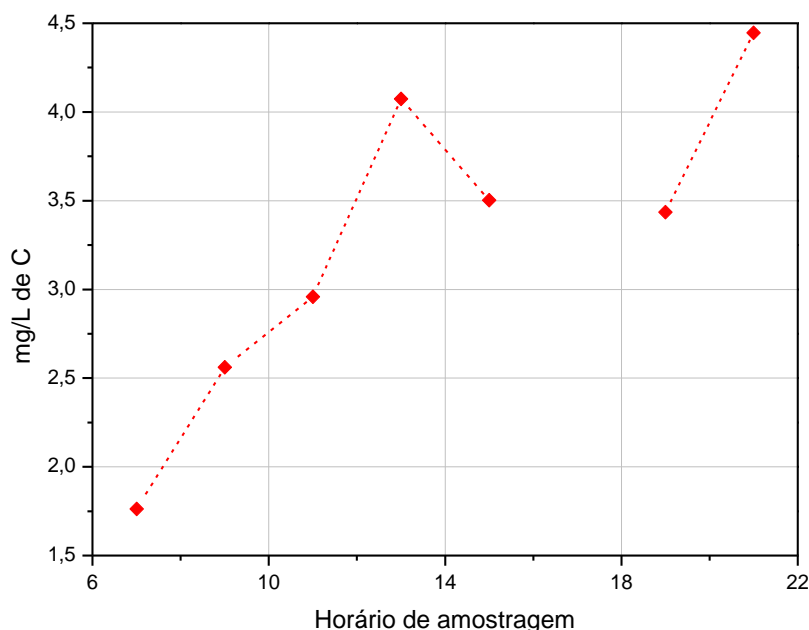
A concentração da demanda química de oxigênio cresce progressivamente até às 11:00, cujo horário apresenta o pico do dia: 9,86 mgO<sub>2</sub>/L. Em seguida, os valores obtidos decaem, chegando a 4,62 mgO<sub>2</sub>/L às 19:00. Na última amostra da

coleta, a curva de DQO demonstra tendência a aumentar, pois a concentração aumentou para 5,33 mgO<sub>2</sub>/L (Figura 10).



**Figura 10: Variação da DBO e DQO em 05 de agosto.**

Nesta coleta, a tendência da curva de carbono orgânico dissolvido é positiva, pois tanto das 7:00 às 13:00 quanto das 19:00 às 21:00, a concentração de carbono aumentou. Para o primeiro intervalo, passou de 1,76 a 4,07 mg/L e para o segundo, foi de 3,44 a 4,45 mg/L (Figura 11). A amostra das 17:00 provavelmente foi danificada no ato da coleta, logo sua concentração não foi detectada pelo equipamento durante a análise em laboratório. Bem *et al.* (2011), ao estudar o local, observou que as prováveis fontes de carbono são pedogênica, autóctone e alóctone antrópica sem predominância de uma delas.

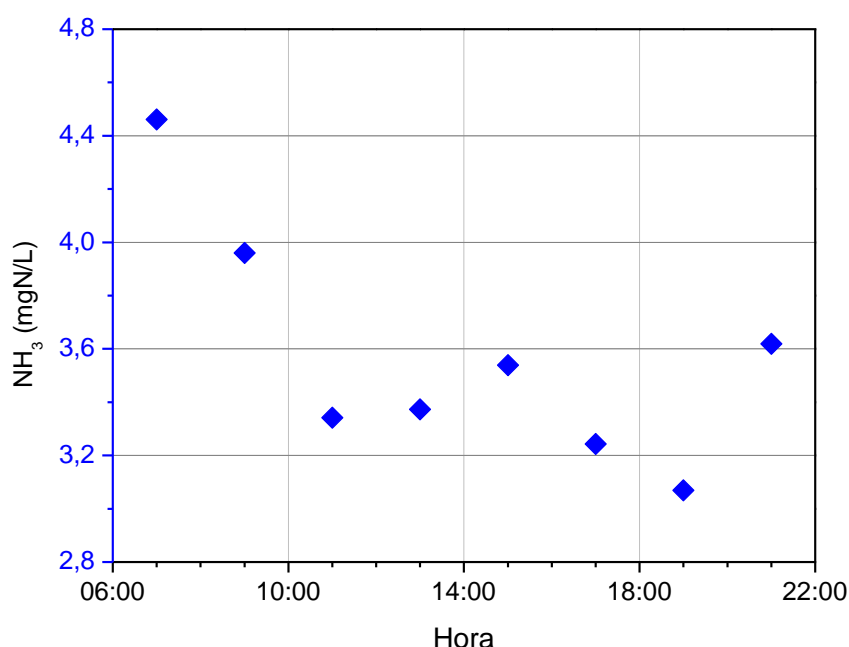


**Figura 11: Variação de carbono orgânico dissolvido em 05 de agosto.**

Os valores de nitrogênio amoniacal da primeira campanha encontram-se na Figura 12. Inicialmente é percebida uma redução, no intervalo das 7:00 às 11:00 e, em seguida, ocorrem poucas variações ao longo dia, passando a apresentar um novo aumento somente às 19:00. Observa-se que a maior concentração de 4,46 mg/L N(NH<sub>3</sub>) ocorre às 07:00, enquanto que a menor foi detectada às 19:00: 3,07 mg/L N(NH<sub>3</sub>).

As concentrações das amostras analisadas são superiores às estabelecidas pelo CONAMA 357/05, que varia de 3,7 mg/L para o pH maior ou igual a 7,5 e 2,0 mg/L para o pH menor ou igual a 8,0 e maior que 7,5. Esse comportamento possivelmente indica o lançamento de esgotos no corpo hídrico.

Quanto ao ortofosfato, os valores encontrados estão abaixo do limite de detecção da análise, portanto não há gráfico.



**Figura 12: Variação de nitrogênio amoniacal em 05 de agosto.**

A variação da alcalinidade total está representada na Figura 13. Percebe-se que as três primeiras alíquotas amostradas estão na mesma faixa de concentração: entre 170 e 175 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Em seguida, há o pico de dureza da água, ultrapassando a concentração de 185 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Nos horários que se seguiram, os valores caíram gradativamente até se aproximar dos 155 mgCaCO<sub>3</sub>/L, para depois aumentarem novamente para a mesma faixa do início da curva.

Segundo Braga (2005), pode-se atribuir as concentrações altas de compostos carbônicos ao terreno calcário, atividades agrícolas e mineradoras nas nascentes do rio Barigui.

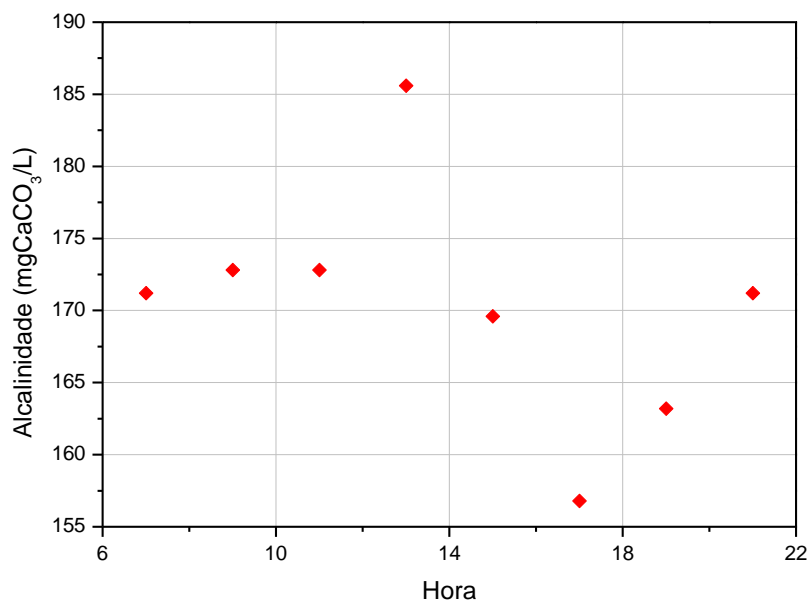


Figura 13: Dados de alcalinidade em 05 de agosto.

### 7.1.2 Segunda Campanha

Os dados meteorológicos estão dispostos na Figura 14. Houve uma pequena precipitação entre as 15:00 e 16:30, porém não o suficiente para modificar significativamente o nível e a vazão do corpo d'água. A intensidade do vento aumentou a partir das 09:00. A temperatura do ar variou entre 10,1 °C a 18,9 °C.

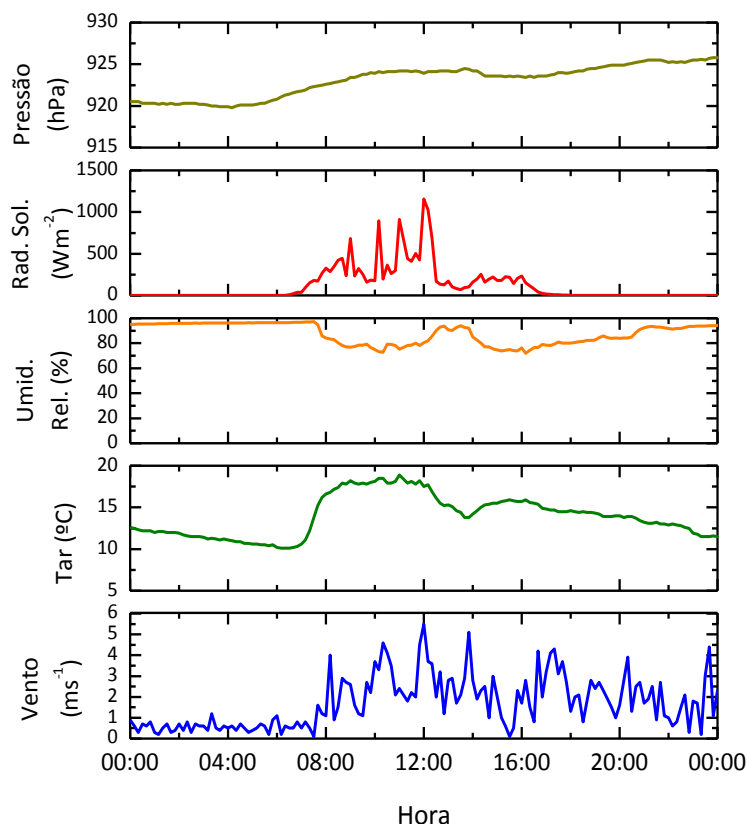


Figura 14: Dados meteorológicos em 03 de setembro.

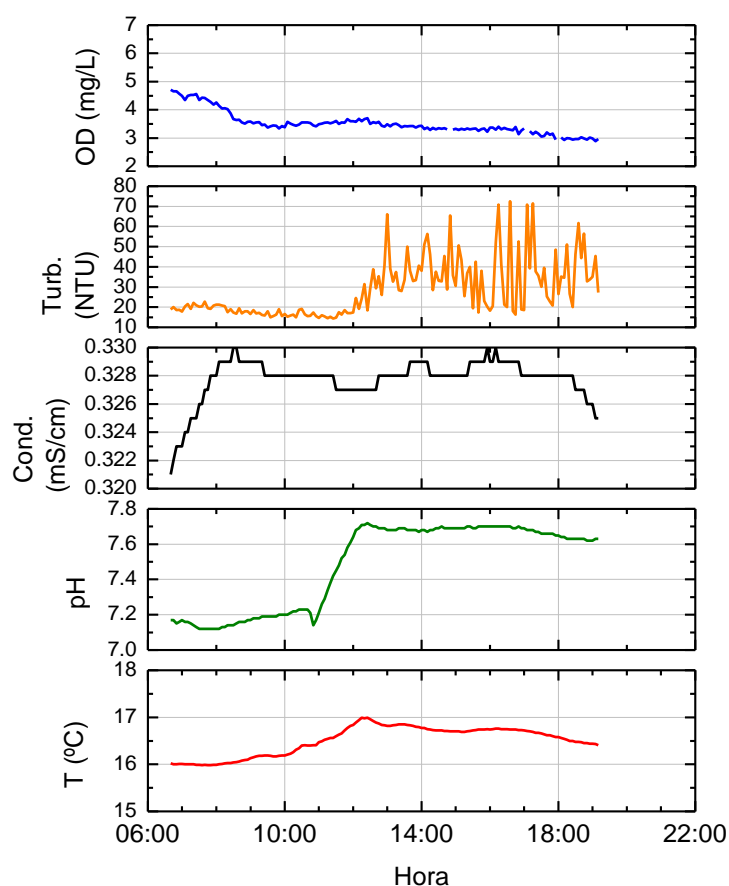
A variação da temperatura da água pode ser verificada na Figura 15. O pico ocorreu próximo ao meio dia, chegando a 17 °C. Até então, a temperatura aumentou 1 °C gradativamente e após este horário, até às 19:00, decaiu aproximadamente 0,5 °C. O equipamento não obteve dados entre 19:00 e 21:00, uma vez que acabou a bateria do mesmo.

Entre 7:00 e 12:00, a turbidez se manteve entre 22,1 e 14,4 NTU. A partir deste horário, vários picos podem ser observados, com oscilações de aproximadamente 30 NTU, ultrapassando 50 NTU em diversos momentos. A grande variação em intervalos curtos entre medições possivelmente é explicada pela ressuspensão do sedimento pelo vento, visto que sua intensidade é maior no mesmo horário em que ocorreram estes picos. Também pode ocorrer pela baixa carga de bateria do sensor, que acaba afetando a capacidade de autolimpeza do sensor de turbidez e, portanto, os valores reais de análise. Apesar disso, todos os valores estão dentro do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2, de até 100 NTU.

Quanto ao pH, observa-se uma variação mais ampla, uma vez que o rio Barigui passou de uma zona neutra ( $\text{pH} \approx 7,1$ ) para uma levemente alcalina ( $\text{pH} \approx 7,7$ ). O aumento do potencial hidrogeniônico ocorreu gradativamente entre 11:00 e 12:00 (Figura 15). Este aumento deve-se provavelmente à atividade fotossintética, uma vez que tende a aumentar com o aumento da radiação incidente sobre o corpo d'água. Ainda sim, estes valores estão na faixa considerável, pH entre 6,0 e 9,0, para ecossistemas aquáticos de acordo com CONAMA 357/05.

A condutividade do rio permaneceu praticamente inalterada durante o período avaliado. Sua variação total foi de aproximadamente 0,01 mS/cm, como pode ser observado na Figura 15. Em regiões tropicais, estes valores estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas da região, principalmente em locais com alta pluviosidade e predominância de rochas sedimentares (ESTEVES, 1998).

Segundo a sonda Horiba U-50, em se tratando do oxigênio dissolvido na água nas 12 horas acompanhadas, percebe-se um decaimento gradual na concentração, passando de aproximadamente 4,5  $\text{mgO}_2/\text{L}$  por volta das 7:00 a 3,0  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , às 19:00 (Figuras 15 e 16).



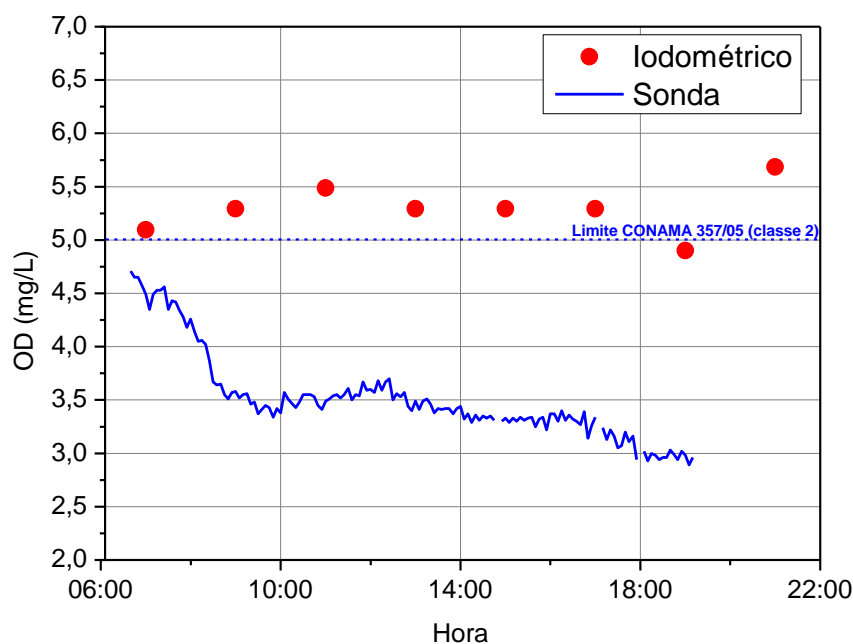
**Figura 15: Dados obtidos através da sonda em 03 de setembro.**

Diferentemente dos dados obtidos pela sonda, o método analítico demonstrou uma queda bem menos acentuada na concentração de OD entre as 07:00 (5,49 mgO<sub>2</sub>/L) e as 19:00 (4,90 mgO<sub>2</sub>/L). É possível observar, na Figura 16, que há uma tendência de acréscimo do OD ao final das amostragens, chegando a um valor de 5,68 mgO<sub>2</sub>/L às 21:00 (maior pico amostrado desta campanha).

Exceto pelo ponto das 19:00, são observadas concentrações superiores a 5 mgO<sub>2</sub>/L, limite mínimo estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2. O OD é fundamental para a manutenção da biota aquática, e sua concentração varia de acordo com pressão, temperatura, e outros fatores. Apesar da amostra das 19:00 apresentar valores menores do que o sugerido para o equilíbrio da vida no corpo d'água, está dentro da faixa de tolerância para alguns organismos e microorganismos, que aceita concentração de até 3,0 mgO<sub>2</sub>/L (CETESB, 2005).

Da mesma forma que nos resultados da campanha anterior as medições da sonda diminuíram ao longo do dia, enquanto que a medição analítica do OD permaneceu relativamente estável. Esta coincidência leva ao questionamento da confiabilidade da medição com a sonda durante longos períodos.

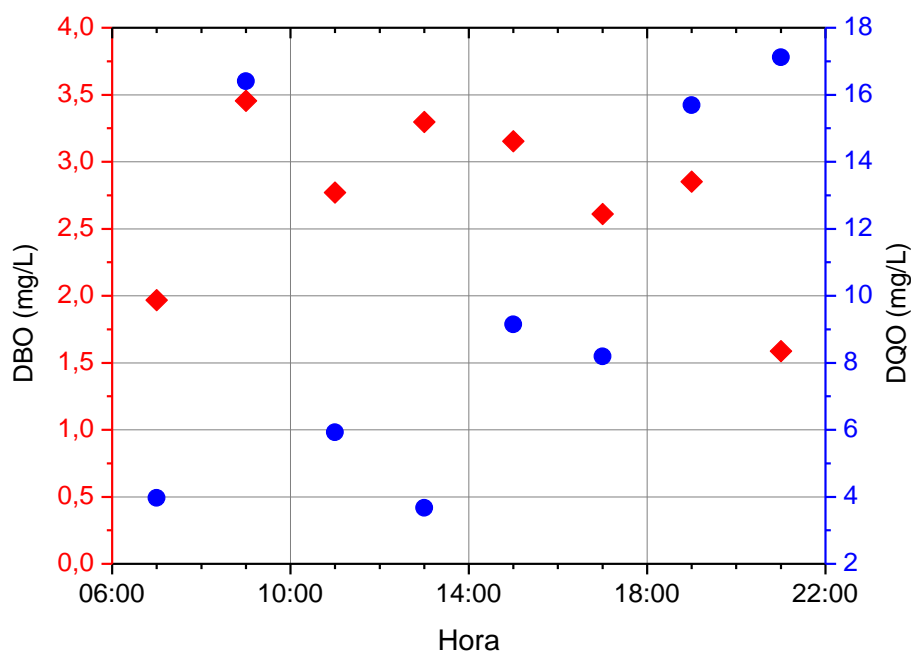
Ao se analisar a Figura 16, observa-se que o OD iodométrico apresenta maiores valores em relação a medição com sonda. Esta diferença pode ser decorrente da imobilidade do sensor, que, ao ficar parado na coluna d'água, interage com partículas e gases diferentes, obstruindo o contato da membrana com o oxigênio que está dissolvido. Tal obstrução leva a problemas no detector, diminuindo a confiabilidade dos resultados ao longo do tempo. Deste modo, sugere-se a determinação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico para campanhas de longa duração, ou calibração prévia para campanhas pontuais e de curta duração.



**Figura 16: Variação de OD em 03 de setembro.**

As análises de DBO apontam valores que variaram de 1,59 a 3,45 mgO<sub>2</sub>/L, com picos às 09:00, 13:00 e 19:00 (Figura 17). Apesar das oscilações, as concentrações estão dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05, que é até 5 mgO<sub>2</sub>/L.

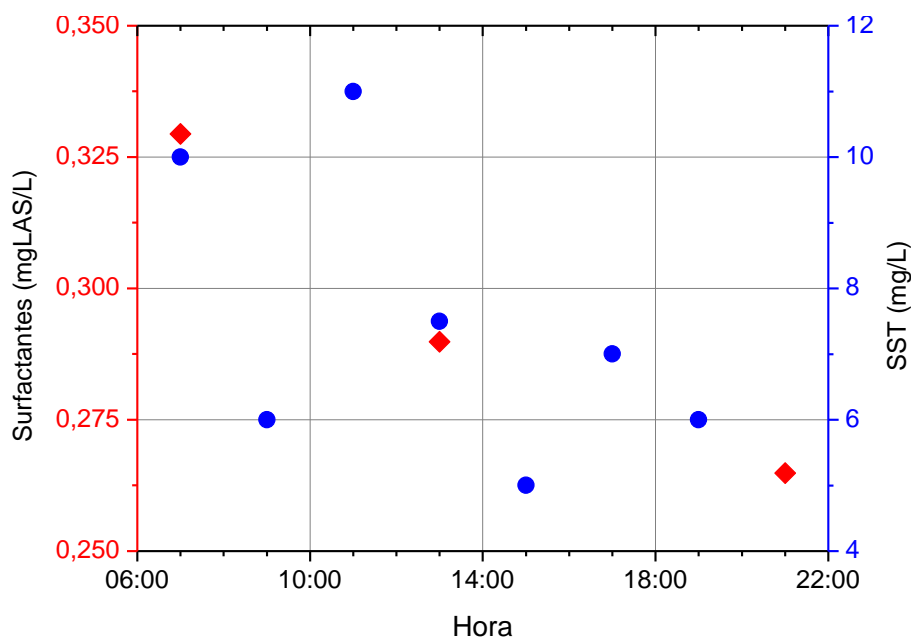
Já a variação da DQO pode ser vista em 3 intervalos: o primeiro, das 07:00 às 09:00, onde aumenta de 3,96 para 16,40 mgO<sub>2</sub>/L; em seguida, até às 13:00, houve uma redução, chegando ao menor valor obtido neste dia – 3,67 mgO<sub>2</sub>/L; fecha-se o ciclo com um aumento progressivo da concentração, chegando a 17,11 mgO<sub>2</sub>/L no fim da coleta (Figura 17). O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial, uma vez que varias indústrias de diversos segmentos se situam ao longo da bacia (MUHLENHOFF *et al.*, 2011).



**Figura 17: Variação da DBO e DQO em 03 de setembro.**

A Figura 18 revela os valores para sólidos suspensos totais da segunda campanha. Os três maiores valores ocorrem às 7:00, 11:00 e 13:00: 10,00 11,00 e 7,50 mg/L, respectivamente. A presença de sólidos nos cursos fluviais se resume à tendência adsorvedora de poluentes. As partículas transportam por longas distâncias desde nutrientes a metais pesados, sendo responsável pela contaminação local das águas (BASSO, 2010).

As concentrações de surfactantes decaem ao longo do segundo dia de coleta. Os valores para os três horários amostrados são, respectivamente: 0,32 mg/L, 0,28 mg/L e 0,26 mg/L (Figura 18). Estas concentrações estão dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.



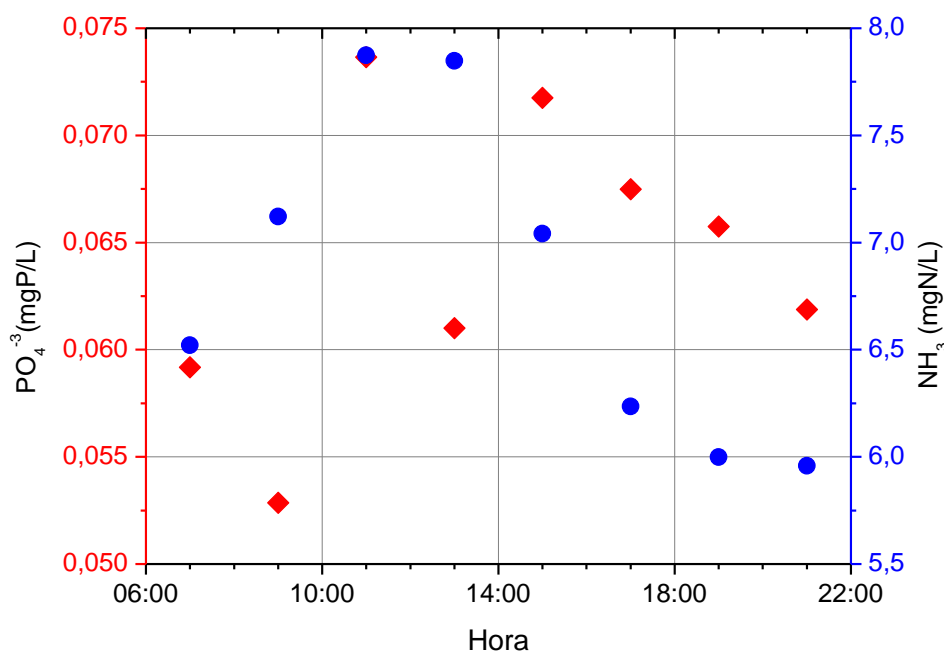
**Figura 18: Variação de SST e surfactantes em 03 de setembro.**



Para o nitrogênio amoniacal, no geral, a variação é em torno de 2 mg/L  $N(NH_3)$ , apresentando valores maiores que a primeira coleta. No início da campanha, a concentração estava próxima dos 6,5 mg/L, aumentando para quase 8,0 mg/L às 11:00. Das 13:00 às 21:00, o  $N(NH_3)$  reduziu para 6,0 mg/L. A variação pode ser verificada na Figura 19.

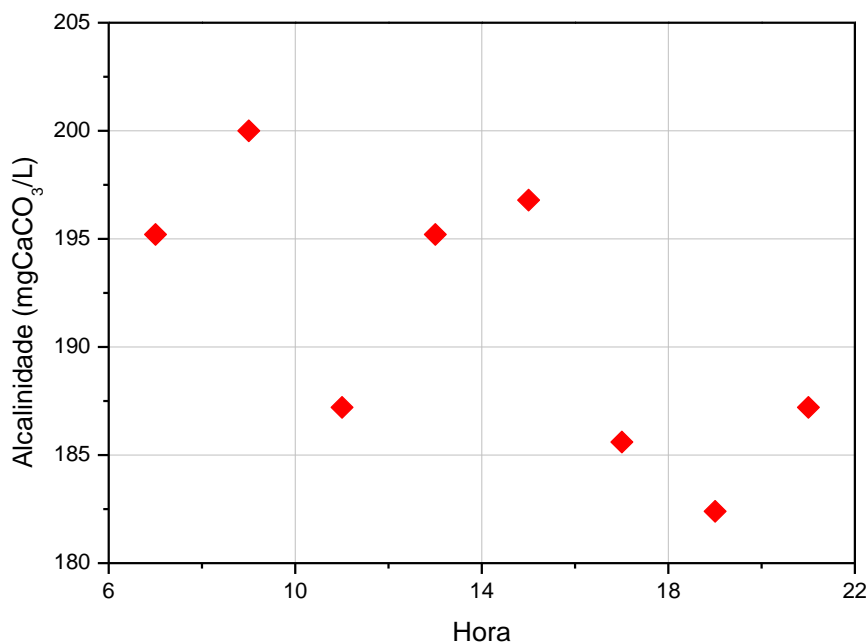
As concentrações das amostras analisadas em todas as campanhas são superiores as estabelecidas pelo CONAMA 357/05. Altas concentrações de amônia podem ser geradas por efluentes domésticos, industriais e da agricultura (CETESB, 2005). Vale ressaltar que a amônia é bastante restritiva aos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L (APHA 1995).

As concentrações de  $P(PO_4)^{-3}$  oscilam entre 0,052 a 0,074 mgP/L, sendo que os horários que indicam maior concentração deste nutriente são às 13:00 e 15:00 (Figura 19).



**Figura 19: Variação de nitrogênio amoniacal e ortofosfato em 03 de setembro.**

Observa-se, na Figura 20, que a concentração da alcalinidade tende a variar ao longo do dia. Inicialmente a concentração aumenta até as 9:00 chegando a 200 mgCaCO<sub>3</sub>/L, as 11:00 sua concentração é reduzida para 187,20 mgCaCO<sub>3</sub>/L, novamente sua concentração aumenta até as 15:00 (196,80 mgCaCO<sub>3</sub>/L), passa por uma redução das 17:00 as 19:00 e, por fim, sua concentração tende a aumentar a partir das 21:00 (187,20 mgCaCO<sub>3</sub>/L).



**Figura 20: Variação da alcalinidade em 03 de setembro.**

### 7.1.3 Terceira Campanha

Os dados dos seguintes parâmetros, obtidos por meio da sonda multiparamétrica, foram extraviados, portanto não serão discutidos neste trabalho: temperatura da água, turbidez, pH, condutividade e oxigênio dissolvido (por sonda).

A Figura 21 ilustra os dados meteorológicos durante a campanha. A temperatura do ar variou entre 16,5 °C às 7:00 e 29,4 °C, às 15:00. Não houve precipitação durante o dia e o céu esteve claro, com poucas nuvens. A intensidade do vento foi variável durante todo o período, com uma tendência crescente até as 16:00, seguida por uma lenta queda até o final do dia.

Na última campanha, o oxigênio dissolvido foi mensurado por método analítico apenas, a cada hora, duplicando o número de amostras. Ao observar a Figura 22, nota-se que, apesar de bem variável, de modo geral a concentração de OD sofre acréscimo até as 15:00, chegando ao pico de 5,5 mgO<sub>2</sub>/L, seguida de uma queda até o final da campanha.

Apenas 26,7% das amostras possuem concentrações superiores a 5 mgO<sub>2</sub>/L (limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2), correspondente aos horários 13:00, 14:00, 15:00 e 17:00. Baixas concentrações de oxigênio indicam processos de consumo através de substâncias lançadas na água. A temperatura da água também estava mais elevada (dados não publicados) o que contribui, também, na redução da solubilidade dos gases como oxigênio.

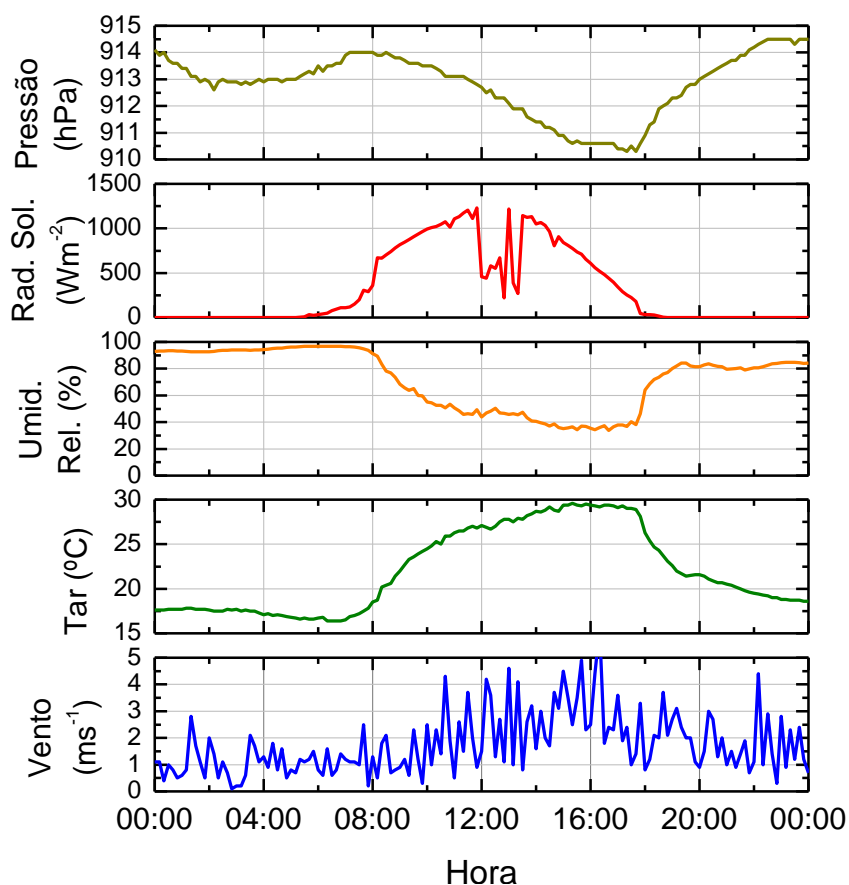


Figura 21: Dados meteorológicos em 20 de novembro.

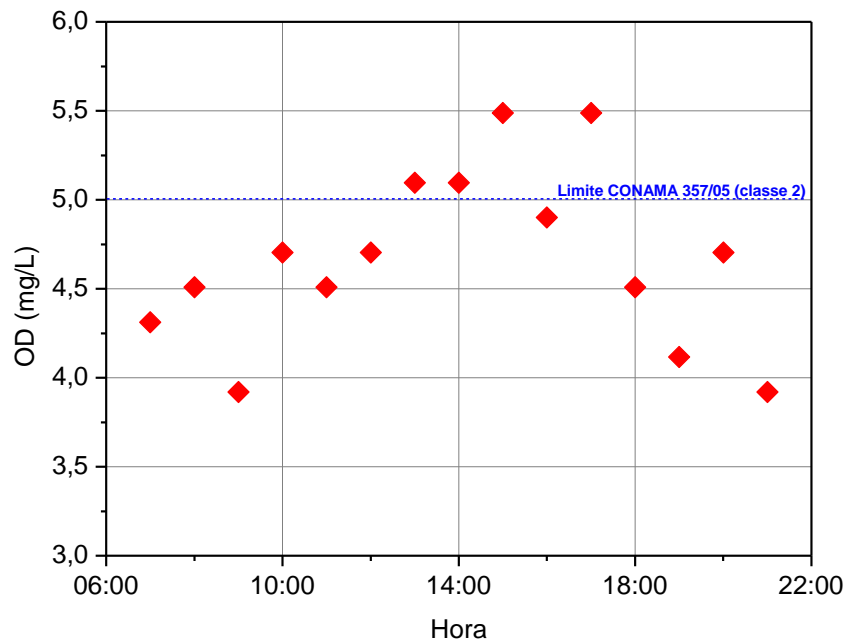


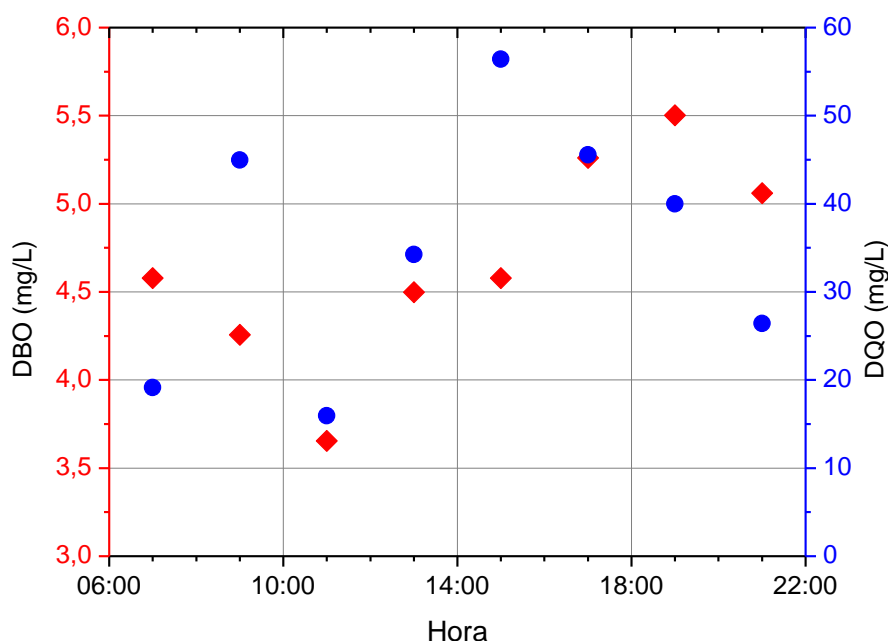
Figura 22: Variação de OD em 20 de novembro.

Nesta campanha foi observada uma queda inicial na concentração de DBO, chegando ao seu mínimo às 11:00 (3,65 mgO<sub>2</sub>/L). Ela aumenta gradativamente até chegar a seu pico às 19:00, com 5,50 mgO<sub>2</sub>/L (Figura 23). Após, tende a declinar sugerindo redução de DBO durante a noite. Com exceção dos horários das 17:00,

19:00 e 21:00, as concentrações estão dentro do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05, que é até 5 mgO<sub>2</sub>/L.

Os aumentos em termos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de diversas formas de vida aquática (CETESB, 2005).

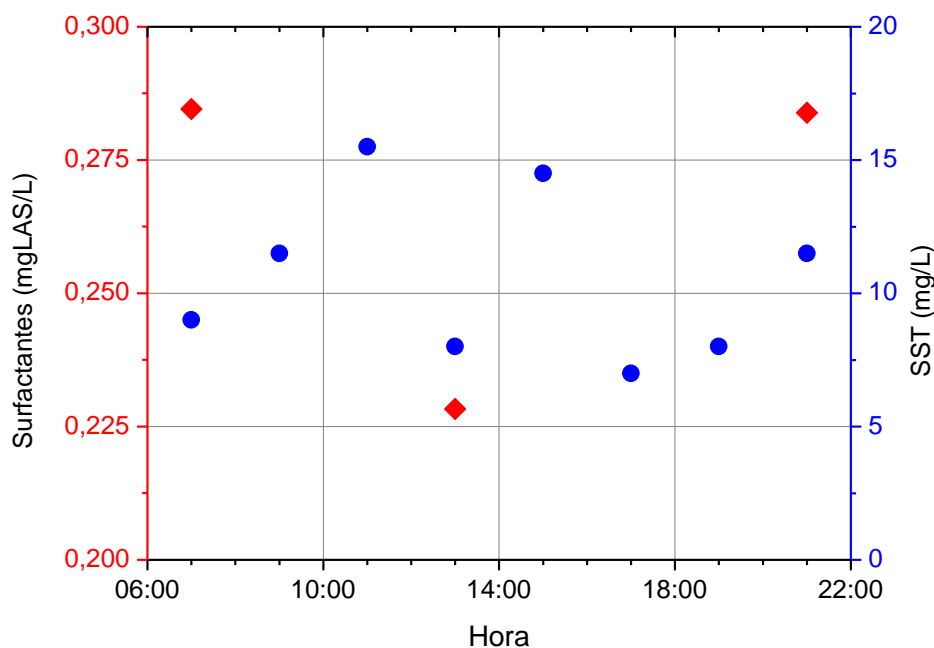
Com relação à DQO, nota-se que o pico máximo ocorre as 15:00, 56,41 mgO<sub>2</sub>/L e a menor concentração, 15,93 mgO<sub>2</sub>/L, se dá às 11:00 (Figura 23). A concentração sofre um aumento até as 9:00, e após tem uma redução. Entre 13:00 e 15:00 tem um aumento e partir de então sua concentração decai ao longo das demais amostragens. Os valores elevados de DQO, comparativamente aos de DBO, mostram que a inserção de matéria orgânica de mais difícil degradação nesse ambiente é marcante.



**Figura 23: Variação da DQO e DBO em 20 de novembro.**

Quanto aos surfactantes, os valores diminuem das 07:00 às 13:00 e depois passam a aumentar com a concentração final de 0,28 mg/L de surfactantes (Figura 24). Ainda assim, esses valores estão de acordo com o valor recomendado pelo CONAMA 357, que é de 0,5 mg/L.

Os dados de SST na terceira campanha estão representados na Figura 24. O maior valor (15 mg/L) ocorre às 11:00 e já o menor valor (7,0 mg/L) pode ser observado às 17:00.



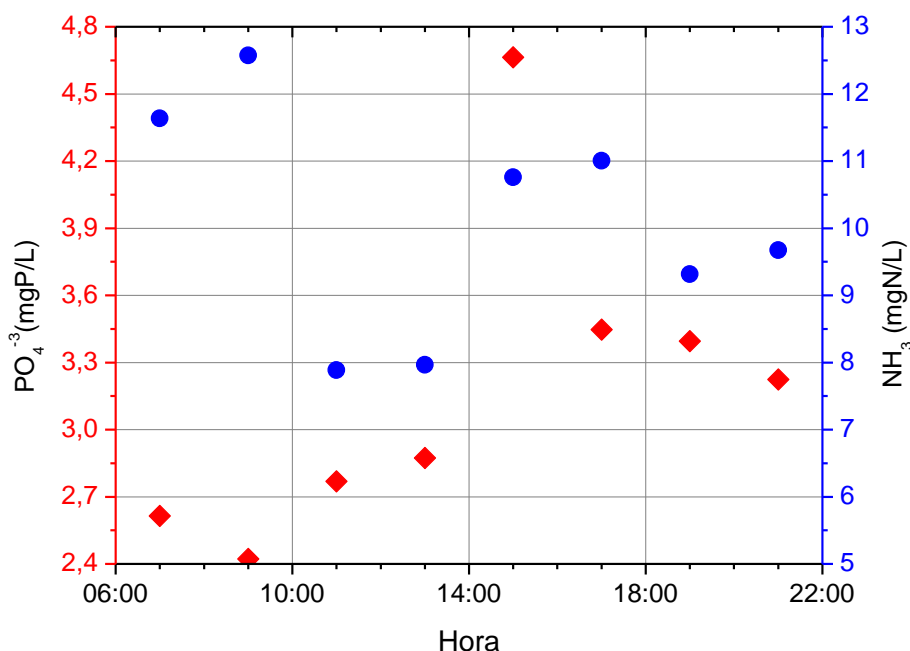
**Figura 24: Variação de SST e surfactante em 20 de novembro.**

Comparada às demais campanhas, nesta as concentrações de ortofosfato aumentaram significativamente (Figura 25). A maior concentração ocorre às 15:00 (4,66 mgP/L) enquanto que a menor é observada às 9:00 (2,42 mgP/L). A partir das 13:00 seu valor aumenta progressivamente até às 15:00 e, em seguida, decai continuamente até às 17:00, mantendo-se constante até o final da coleta.

Segundo Guidolini *et al* (2010), o ortofosfato é uma fração biodisponível do fósforo quando liberado em corpos aquáticos, e indica a decomposição de material biológico. A presença do fósforo em amostras de água pode ser devido às descargas de esgotos industriais e domésticos, detergentes superfosfatados amplamente usados no ambiente doméstico, e lixiviação de fertilizantes e pesticidas (ANA, 2005).

Nesta última coleta as concentrações de nitrogênio amoniacal são as maiores, sendo o maior valor de 12,57 mg/L N(NH<sub>3</sub>) às 9:00 e o menor valor de 7,89 mg/L N(NH<sub>3</sub>) às 11:00 (Figura 25). As concentrações das amostras analisadas em todas as campanhas são superiores às estabelecidas pelo CONAMA 357/05.

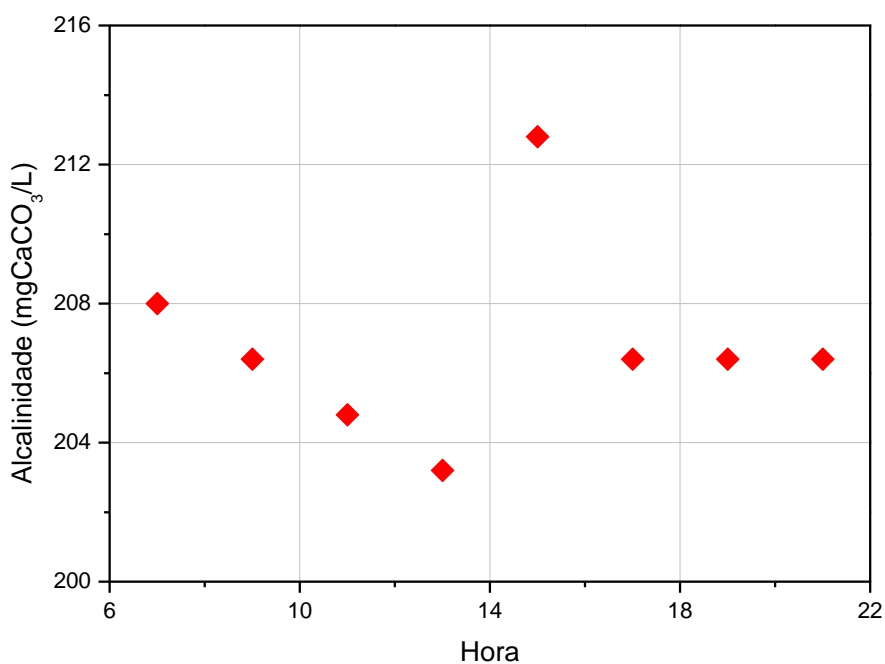
Assim como os parâmetros de DQO, DBO e orto-fosfato, este também se manteve elevado. As concentrações altas tanto de nitrogênio amoniacal quanto da DQO e DBO podem indicar uma possível inserção de efluente doméstico, conforme trabalho realizado por BEM *et al.* (2011).



**Figura 25: Variação de nitrogênio amoniacal e ortofosfato em 20 de novembro.**

Observa-se na Figura 26, que inicialmente a alcalinidade decai até as 13:00 (203,20 mgCaCO<sub>3</sub>/L), aumentando às 15:00, 212,80 mgCaCO<sub>3</sub>/L e a partir das 17:00 seu valor permanece constante (206,40 mgCaCO<sub>3</sub>/L).

A faixa de alcalinidade encontrada na maioria das águas naturais se situa entre 30 e 500 mgCaCO<sub>3</sub>/L, raramente excedendo essas concentrações (Bittencourt; Híndi, 2000). Valores elevados de alcalinidade estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microorganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na água.

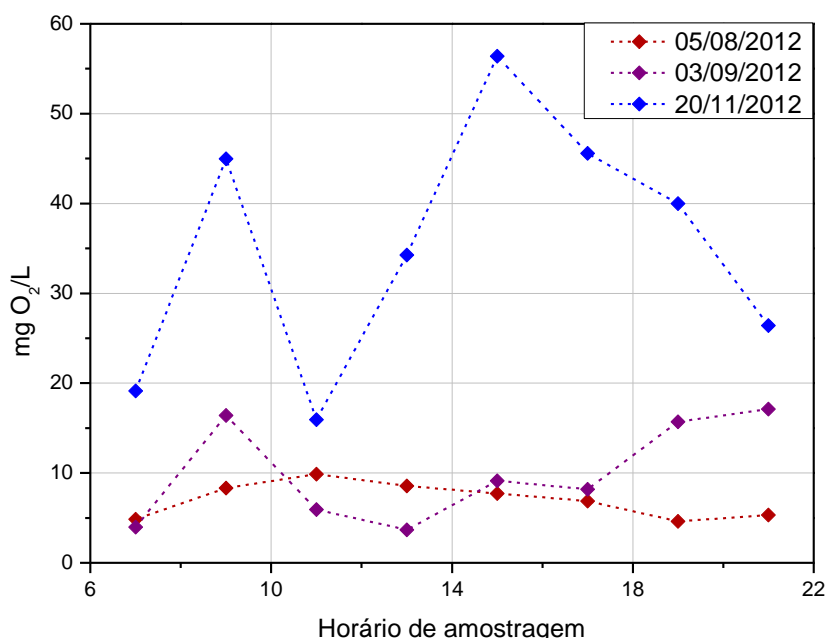


**Figura 26: Variação de alcalinidade em 20 de novembro.**

## 7.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 7.2.1 Comparação entre parâmetros

Ao se analisar a variação da DQO de todas as campanhas reunidas (Figura 27) observa-se que a primeira campanha sofre pequenas alterações ao longo dia enquanto as demais passam por oscilações maiores (Figura 28). A terceira campanha apresenta valores mais altos de concentração, tendo dois picos, durante as amostragens. O aumento da concentração pode ter ocorrido devido a inserção de cargas orgânicas, somado à menor vazão observada nesse período. Observa-se também que não existe um comportamento padrão entre os distintos dias, mesmo considerando que são dias da semana diferentes.



**Figura 27: Variação da DQO entre campanhas.**

Foi realizado também o cálculo das cargas de DQO (Figura 29). Observa-se, que a última campanha possui uma carga muito superior se comparada às demais, e atenta-se ao fato de também possuírem uma variação muito maior durante o período estudado. Na última campanha as concentrações são maiores e, mesmo com vazão bastante inferior, ainda apresentou carga mais elevada.

Esse efeito confirma o observado pela comparação de concentrações – uma provável contaminação por esgotos domésticos. O mesmo já levantado em outros estudos no mesmo ponto de monitoramento (BEM *et al.*, 2011).

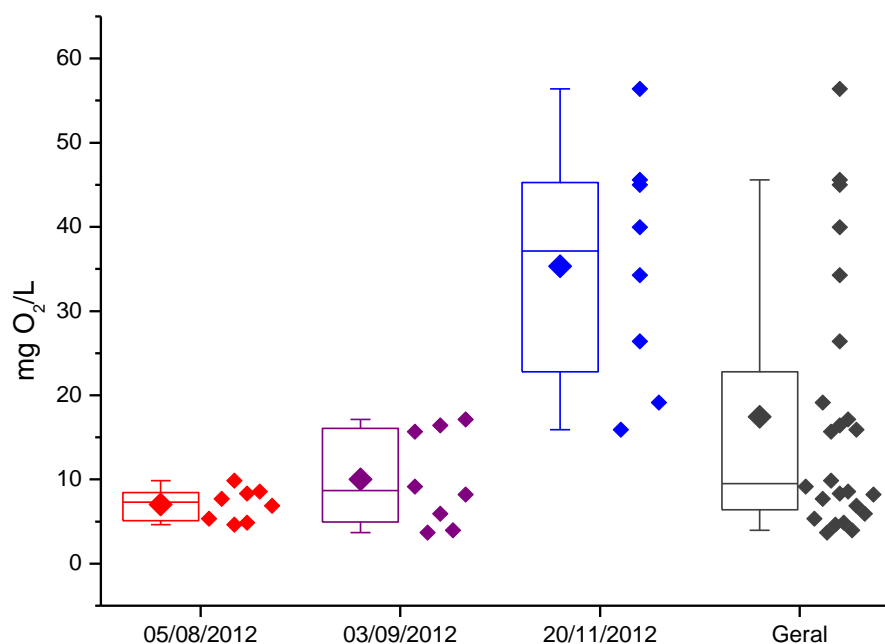


Figura 28: Variação da DQO entre campanhas.

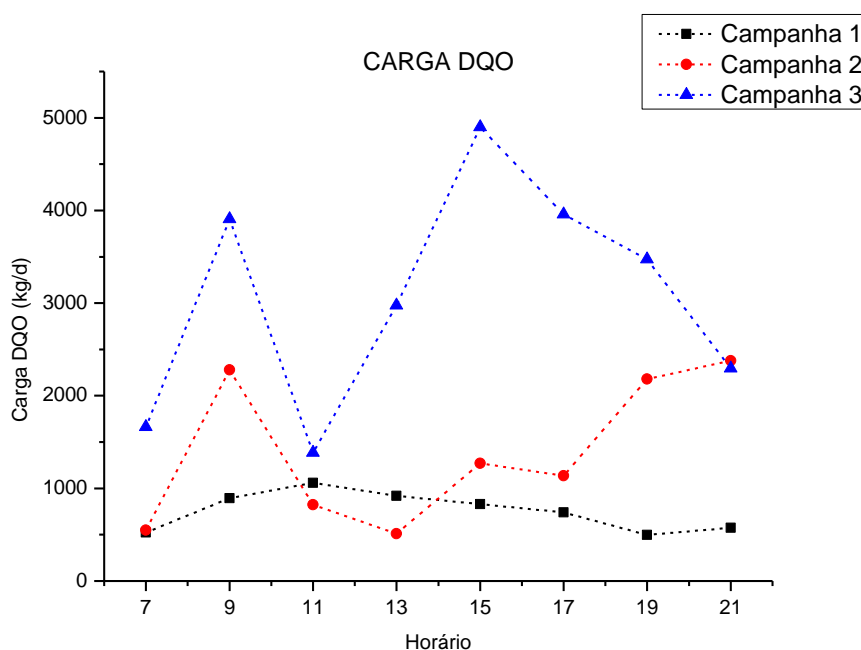


Figura 29: Variação da carga da DQO entre campanhas.

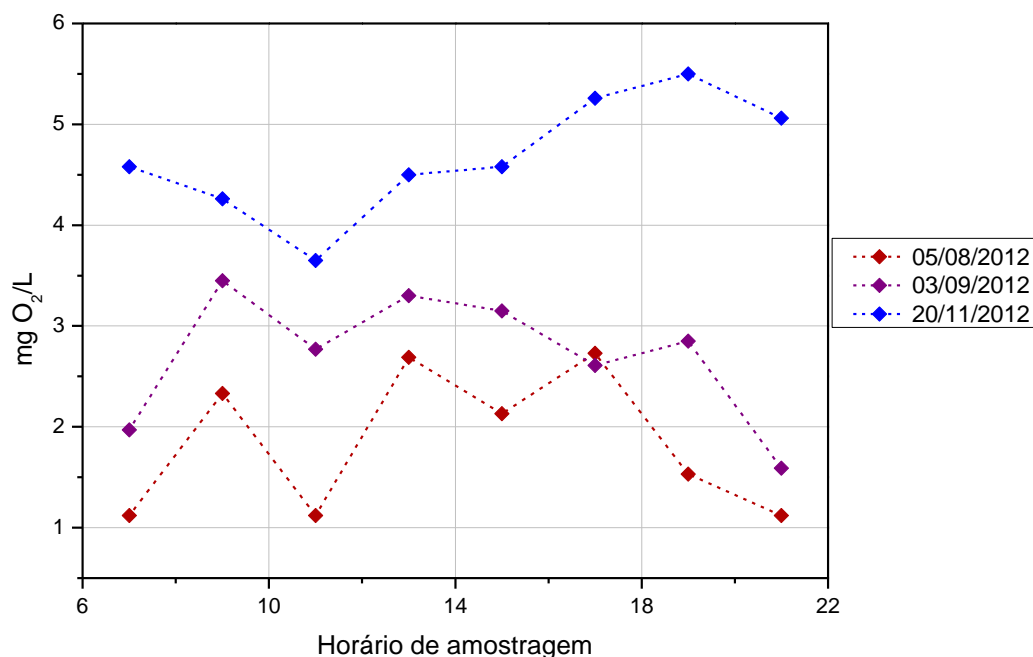
Assim como o ocorrido com a DQO, quando as campanhas são observadas em conjunto, a amostra de DBO da última campanha se afasta da série (Figura 30). Atenta-se ao fato, porém, de as médias e medianas estarem muito mais próximas (Figura 31).

A Figura 31 explicita que esses valores, apesar de ter uma grande variação entre si, se encontram próximos a média observada em outros estudos – sempre inferior à 5 mg/L (BEM *et al.*, 2011; MUHLENHOFF *et al.*, 2011).

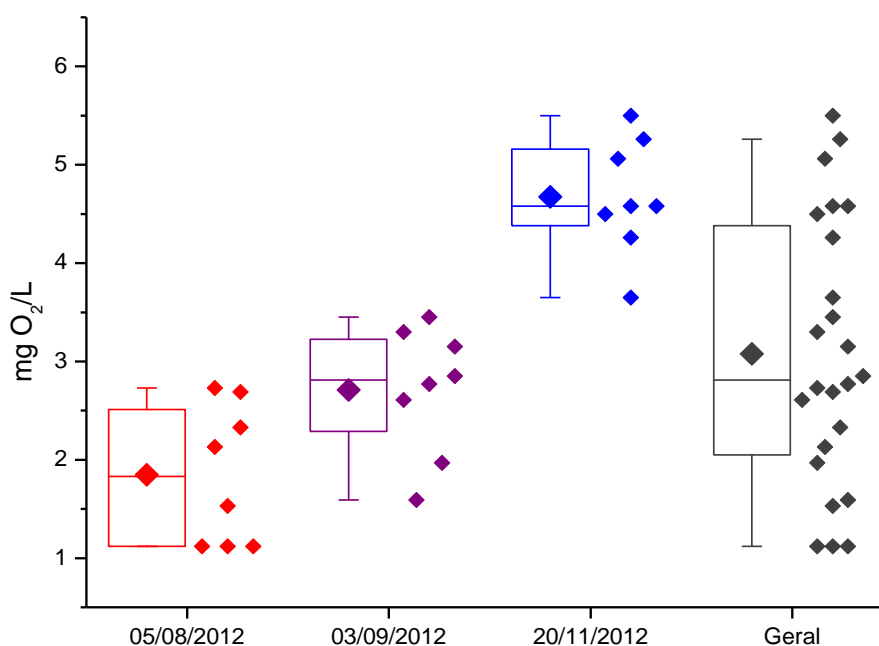
Embora o gráfico traga esse resultado, pode-se levar em consideração que a amostra pode variar fortemente dentro de seus padrões, porém pode ainda ser fiel



em termos de confiabilidade. Assim, obtêm-se resultados relevantes e similares aos apresentados em outra ocasião.

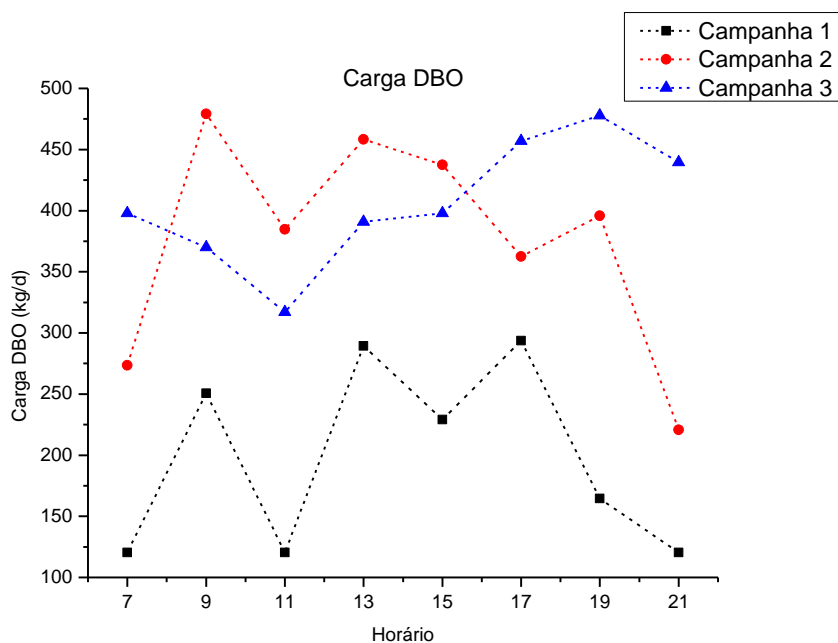


**Figura 30: Variação da DBO entre campanhas.**



**Figura 31: Variação da DBO entre campanhas.**

Dada a diferença na vazão entre campanhas, uma maneira de comparação entre os dados é através do cálculo da carga. Apesar de sempre variar muito, pode verificar valores muito mais altos nas últimas campanhas (Figura 32). Deste modo, é nítida a introdução de cargas orgânicas no ambiente (neste caso, nos dias da semana).



**Figura 32: Variação da carga da DBO entre campanhas.**

A relação DBO/DQO foi calculada e está disposta na Tabela 1. Esta variou entre 0,11 a 0,40 na primeira campanha e 0,09 a 0,90 na segunda, enquanto que na terceira variou entre 0,08 e 0,24. Segundo Metcalf & Eddy (2003) águas com relação DBO/DQO  $\leq 0,3$  desfavorecem o processo de biodegradação, e relação DBO/DQO  $\geq 0,5$  são de fácil degradação biológica.

**Tabela 1: Relação DBO/DQO das campanhas.**

Horário de Amostragem	Relação DBO/DQO		
	05/08	03/09	20/11
07:00	0,23	0,50	0,24
09:00	0,28	0,21	0,09
11:00	0,11	0,47	0,23
13:00	0,31	0,90	0,13
15:00	0,28	0,34	0,08
17:00	0,40	0,32	0,11
19:00	0,33	0,18	0,14
21:00	0,21	0,09	0,19
Média	0,27	0,38	0,15

Observa-se que na primeira e terceira campanha, de modo geral, os resultados sugerem a presença de compostos de difícil biodegradação, diferentemente da segunda, em que há o predomínio de compostos de mais fácil biodegradação. Logo, estes resultados podem indicar a inserção de cargas no corpo hídrico.

Quanto ao ortofosfato, não apresentou concentrações apreciáveis de análise na primeira campanha, ou seja, estavam abaixo do nível de detecção. De maneira análoga aos outros parâmetros, salvo OD, houve aumento da segunda para a terceira coleta (Figura 33). Esse aumento representou uma diferença de aproximadamente 3 mg/L na concentração média entre as duas campanhas: enquanto que o valor médio da campanha 2 foi 0,06 mg/L, o da campanha 3 foi de 3,18mg/L.

Considerando que a origem do ortofosfato é produto da decomposição biológica de compostos orgânicos, e que essa matéria provém de excreções animais e restos de alimentos, admite-se que os altos valores encontrados na terceira campanha podem ser resultantes de despejo de esgoto doméstico.

A inserção de cargas é confirmada pela maior variação dados nesta campanha (Figura 34). Porém, vale lembrar que o dado mais afastado da série, quando observado na linha temporal, não se demonstra como um *outlier*.

A presença de fósforo neste ponto do rio Barigui se mostra bem variável. Apesar de outros estudos utilizarem o fosforo total, por vezes este está bem abaixo do recomendado (COELHO; KISHI, 2011) e outras acima (BEM *et al.*, 2011). Porém, não foram observados valores tão altos quanto no último dia de análise.

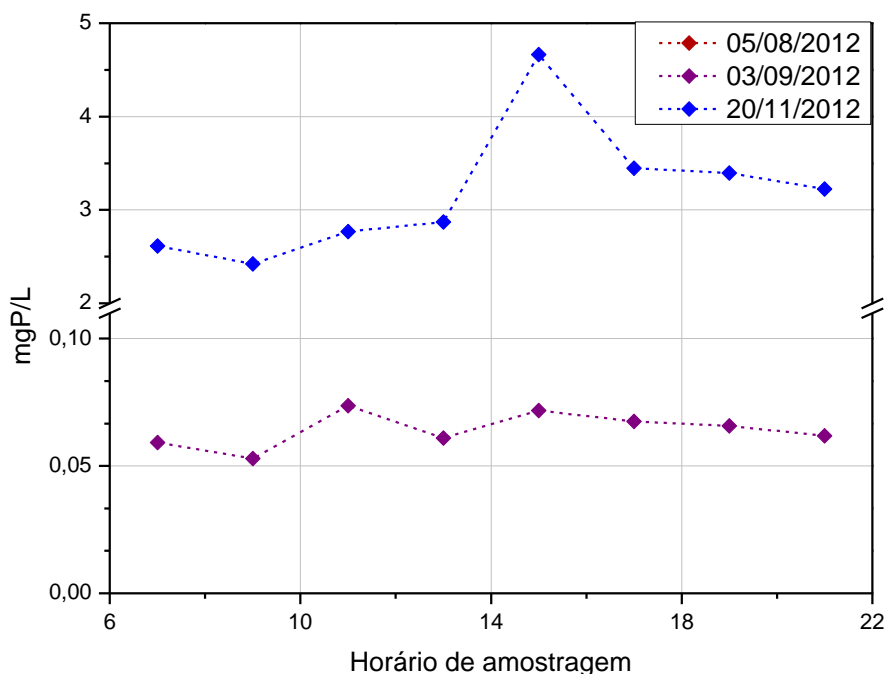
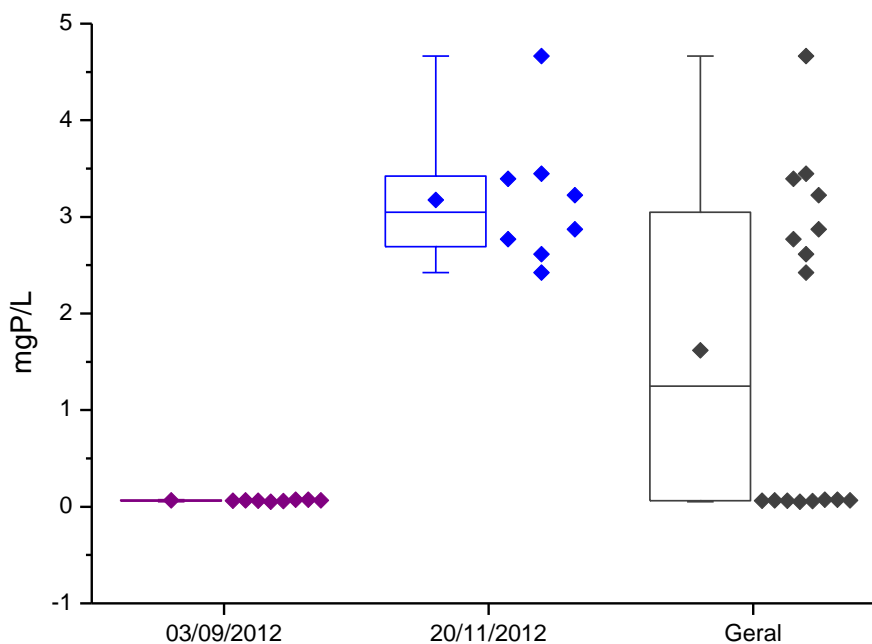


Figura 33: Variação de ortofosfato entre campanhas.

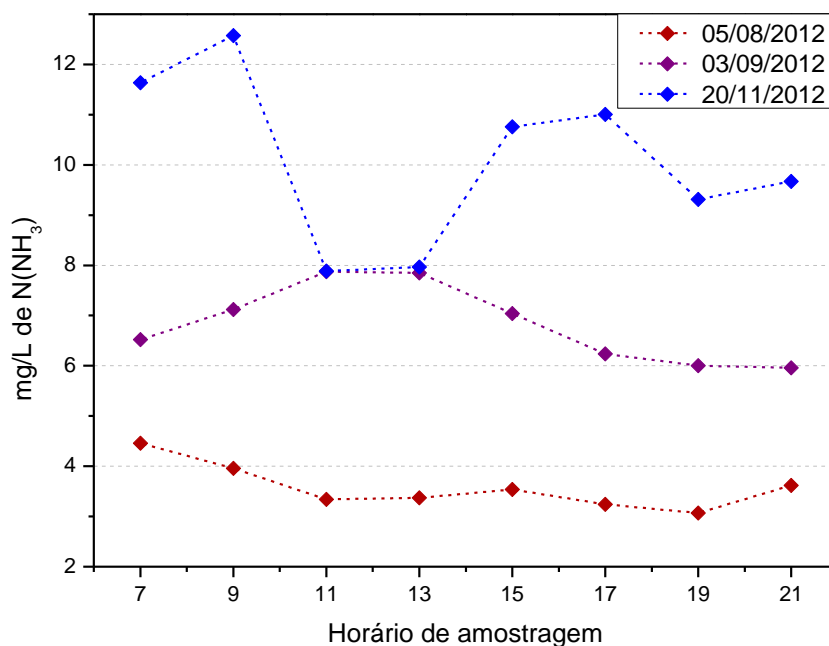


**Figura 34: Variação de ortofosfato entre campanhas.**

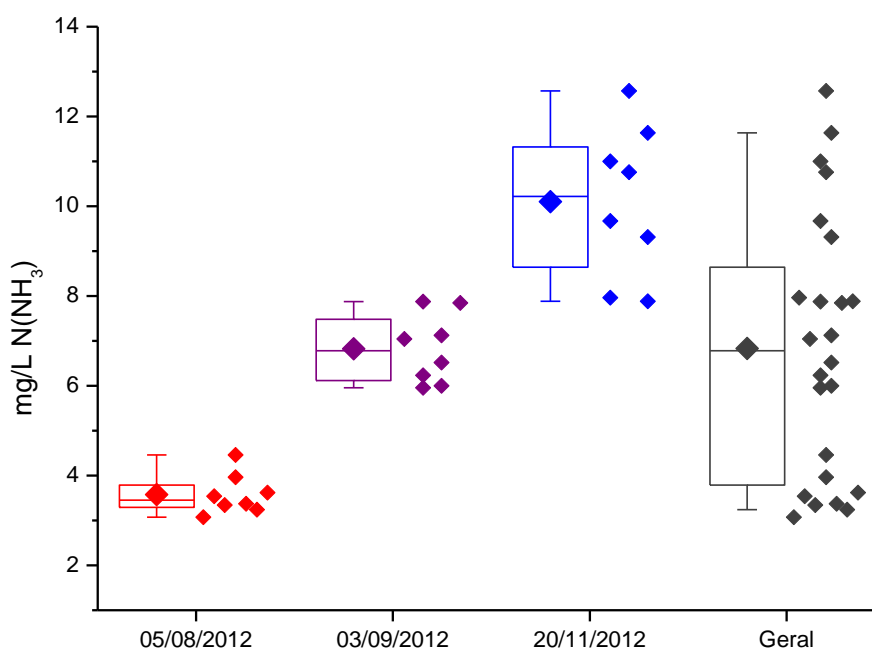
Em relação aos valores de nitrogênio amoniacal, observa-se o aumento de valores à medida que se seguem as campanhas (Figura 35). Na primeira campanha, houve pouca variação da concentração deste parâmetro ao longo do dia, permanecendo na faixa média de  $3,58 \pm 0,45$  mg/L. Já para a segunda campanha, a média praticamente dobrou:  $6,82 \pm 0,77$  mg/L. Por fim, no terceiro dia de coleta, a média da concentração foi de  $10,10 \pm 1,69$  mg/L (Figura 36).

Estes valores são muito superiores aos encontrados em outros estudos realizados em alturas próximas do rio Barigui (COELHO; KISHI, 2011; BEM *et al.*, 2011). Enquanto nestes não foram observadas concentrações superiores a 1,0 mg/L, no presente estudo não houve um único horário em que isso pode ser observado. Esse fato sugere que houve interferência de fontes contaminadoras na coluna d'água, com o despejo de efluentes domésticos.

É comum que nutrientes e o oxigênio dissolvido variem, por sua relação com processos físicos, químicos e biológicos, enquanto a matéria orgânica se mantém estável (SPENCER *et al.*, 2007). Além de as cargas orgânicas terem uma grande alteração, isso também ocorre com os nutrientes na última campanha. Deste modo, pode se considerar uma introdução artificial destes parâmetros no corpo d'água.

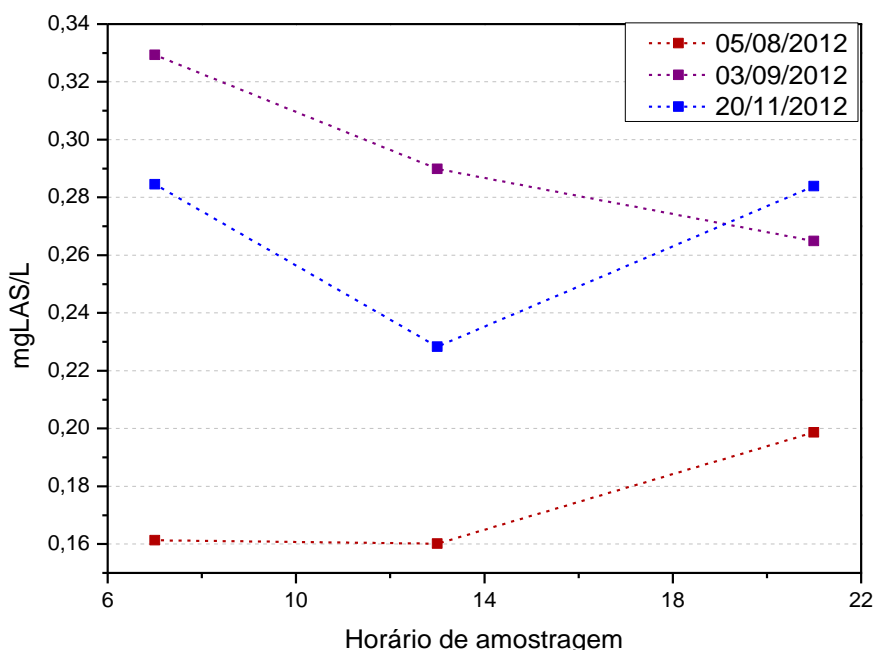


**Figura 35: Variação de nitrogênio amoniacal entre campanhas**

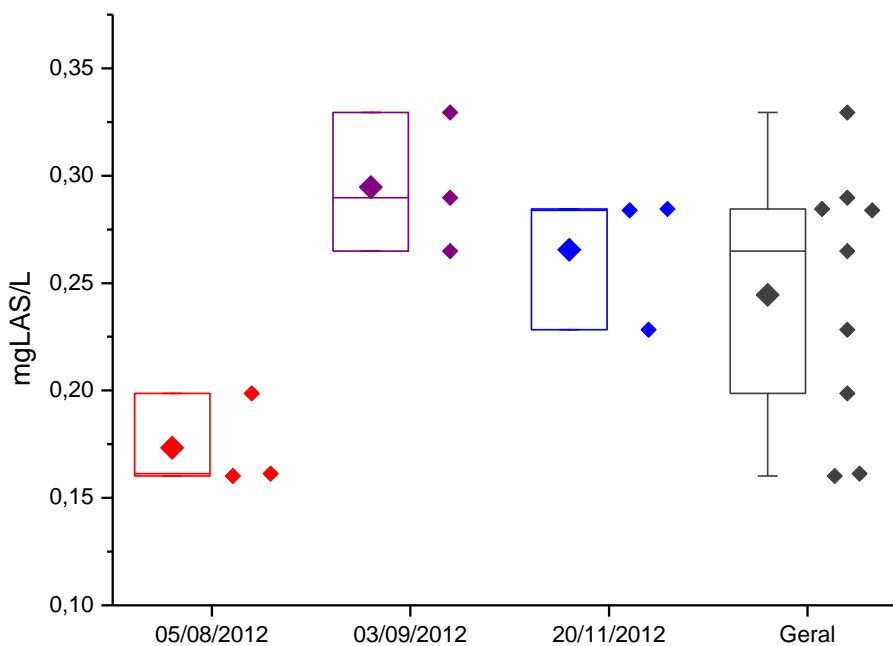


**Figura 36: Variação de nitrogênio amoniacal entre campanhas.**

Para os surfactantes, observa-se o aumento na concentração média entre as campanhas 1 e 2, e diminuição da mesma entre as campanhas 2 e 3 (Figura 37). Contudo, a variação total deste parâmetro ao longo do trabalho é de 0,02 mg/L, não representando grande oscilação. Além disso, todos os valores estão abaixo dos limites estipulados pela resolução CONAMA 357/05.

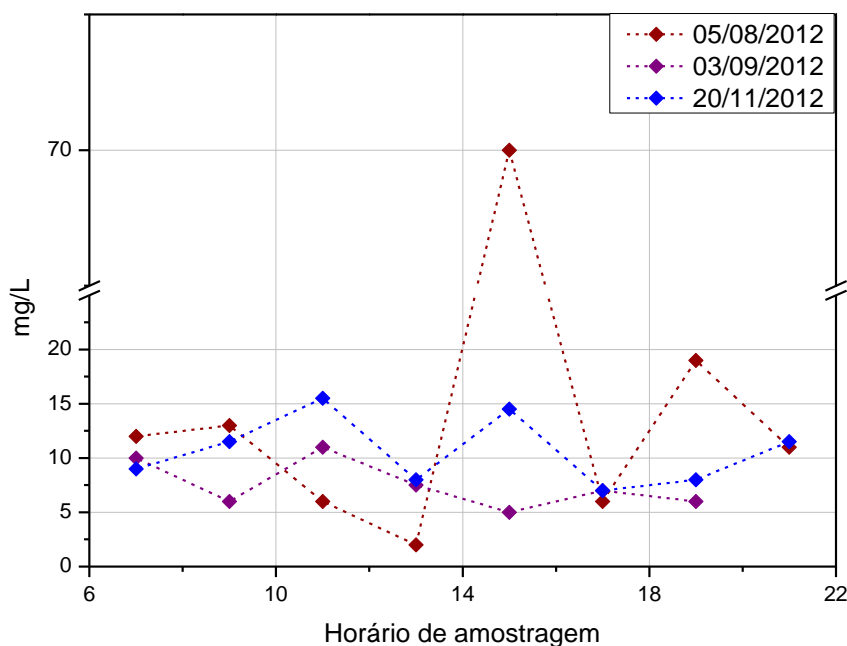


**Figura 37: Variação de surfactantes entre campanhas.**

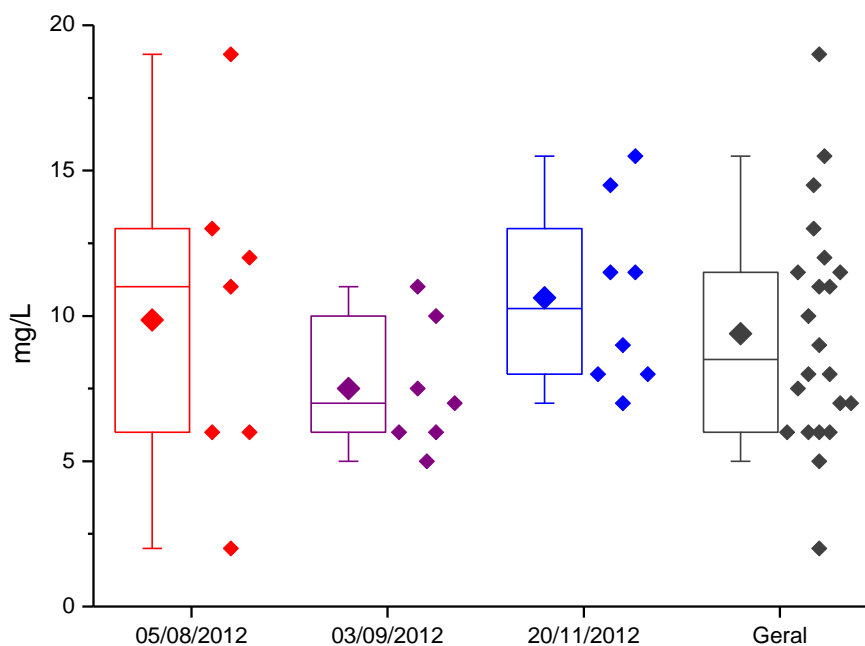


**Figura 38: Variação de surfactantes entre campanhas.**

A oscilação da concentração de SST na campanha 3 foi maior do que nas demais. Sua média foi de 10,62 mg/L, enquanto que na primeira e segunda campanha as concentrações médias foram de 9,86 e 7,5 mg/L, respectivamente (Figura 39). Apesar disso, os valores determinados estão de acordo com os estudos realizados por Chella *et al.*(2005), que obteve uma faixa de 0 a 50 mg/L de SST no Parque Tingui.



**Figura 39: Variação de SST entre campanhas**



**Figura 40: Variação de SST entre campanhas.**

Diferentemente dos demais parâmetros avaliados, o oxigênio dissolvido por método iodométrico diminuiu com o passar das coletas. A média foi de 6,03 mg/L, 5,29 mg/L e 4,67 mg/L nas campanhas 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 42). A redução do oxigênio dissolvido no rio pode ser resultante da contribuição doméstica, como o despejos de efluentes à montante do local avaliado.

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros de determinação da qualidade da água e baixas concentrações deste composto acarretam o desequilíbrio no corpo d'água. Uma vez que há um balanço negativo por tempo prolongado de oxigênio consumido pelas bactérias para oxidar a matéria orgânica e

a quantidade produzida por organismos fotossintéticos, aeração natural e artificial, o meio torna-se anaeróbico, causando maus odores, crescimento de bactérias anaeróbias e eventual mortandade de organismos aeróbicos.

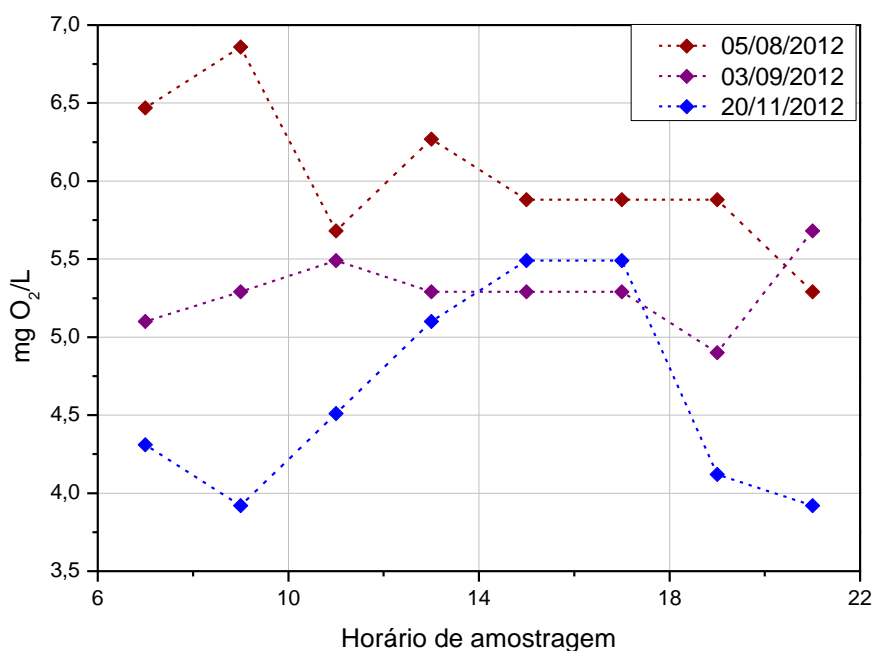


Figura 41: Variação do OD iodométrico entre campanhas.

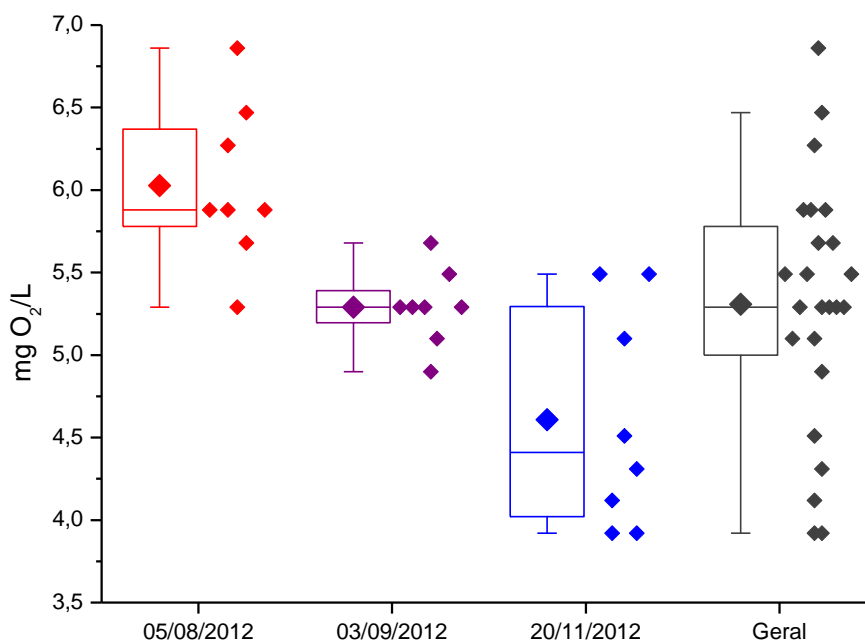


Figura 42: Variação do OD iodométrico entre campanhas.

Considerando que para o parâmetro COD só foram obtidos resultados apenas da primeira campanha, não foi realizada análise estatística por insuficiência de dados.



### 7.2.2 Resumo Dos Parâmetros

A Tabela 2 apresenta a relação entre a variância determinada com o conjunto total de dados e a variância obtida considerando apenas uma única informação por campanha, tomada neste caso, arbitrariamente como a média. O intuito de tal análise é avaliar se é possível com um conjunto pequeno de dados, como é tradicional, estimar a variância total dos parâmetros. Logo, quanto mais esta relação se afasta da unidade pior é a estimativa da variância total dos dados.

Este estudo foi baseado no trabalho de Anttila *et al.* (2012), o qual, através de um conjunto grande de dados estudou a representatividade das amostragens para descrição da variância das informações de qualidade da água.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que a maioria dos parâmetros analíticos apresenta variação entre 10 a 40%. Esse fato sugere que a representatividade de amostragens únicas está estatisticamente fora de uma faixa razoável. Em contrapartida, para o parâmetro DQO a amostragem em um único momento representa estatisticamente bem as condições gerais do rio.

A diferença entre os métodos de OD com sonda e com titulometria deve ser ressaltada. A representatividade das amostras analisadas analiticamente é superior e, como previamente mencionado, é mais interessante para amostragens aleatórias.

Entretanto, deve se levar em consideração os objetivos do estudo. Um monitoramento com relação ao enquadramento de águas apenas, por exemplo, pode acabar trabalhando com uma variância maior de dados, desde que os resultados estejam dentro de variações aceitáveis. Já o monitoramento realizado com o fim de pesquisa para determinados parâmetros pode acabar considerando as variações fora de um nível aceitável, sendo necessária mais de uma amostragem para determinado dia.

Tabela 2: Resumo dos parâmetros.

(continua)

Parâmetro	Estatística	C1	C2	C3	C <sub>1,2,3</sub>	C <sub>total</sub>	Razão: variância(C <sub>1,2,3</sub> )/ variância (C <sub>t</sub> )
DBO	Média	1,85	2,71	4,67	2,71	3,08	1,14
	Desvio padrão	0,71	0,65	0,60	1,45	1,36	
	Variância	0,50	0,42	0,35	2,10	1,85	
	Nº amostras	8	8	8	3	24	
DQO	Média	7,01	10,01	35,33	10,01	17,45	1,01
	Desvio padrão	1,92	5,62	14,05	15,56	15,46	
	Variância	3,70	31,60	197,56	242,00	239,22	
	Nº amostras	8	8	8	3	24	
Nitrogênio amoniacoal	Média	3,58	6,82	10,10	6,82	6,83	1,25
	Desvio padrão	0,45	0,77	1,69	3,26	2,92	
	Variância	0,20	0,60	2,85	10,64	8,52	
	Nº amostras	8	8	8	3	24	
Ortofosfato	Média	0	0,064	3,18	0,06	1,62	1,17
	Desvio padrão	0	0,007	0,71	1,81	1,68	
	Variância	0	4,7 10 <sup>-5</sup>	0,50	3,30	2,81	
	Nº amostras	8	8	8	3	16	
SST	Média	9,86	7,50	10,62	9,86	9,39	1,12
	Desvio padrão	5,64	2,21	3,16	1,63	3,96	
	Variância	31,81	4,92	9,98	2,65	15,67	
	Nº amostras	7	7	8	3	22	
Surfactantes	Média	0,17	0,29	0,26	0,26	0,24	1,10
	Desvio padrão	0,02	0,03	0,03	0,06	0,06	
	Variância	0,0005	0,001	0,001	0,004	0,003	
	Nº amostras	3	3	3	3	9	
OD- iodométrico	Média	6,03	5,29	4,67	5,29	5,18	1,37
	Desvio padrão	0,49	0,23	0,49	0,83	0,71	
	Variância	0,24	0,05	0,24	0,70	0,51	
	Nº amostras	8	8	15	3	31	
Alcalinidade	Média	170,4	191,2	206,8	191,20	189,47	1,25
	Desvio padrão	8,29	6,34	2,80	18,26	16,36	
	Variância	68,75	40,22	7,86	333,49	267,56	
	Nº amostras	8	8	8	3	24	

Tabela 2: Resumo dos parâmetros.

						<b>(conclusão)</b>
<b>Parâmetro</b>	<b>Estatística</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C<sub>1,2</sub></b>	<b>C<sub>total</sub></b>	<b>Razão: variância(C<sub>1,2</sub>)/ variância (C<sub>t</sub>)</b>
Turbidez	Média	20,60	28,34	20,65	24,45	0,01
	Desvio padrão	3,23	14,03	0,92	10,47	
	Variância	10,47	197,06	0,85	109,56	
	Nº amostras	175	151	2	326	
pH	Média	7,63	7,63	7,63	7,56	0,00
	Desvio padrão	0,04	0,24	0	0,18	
	Variância	0,002	0,06	0	0,03	
	Nº amostras	176	151	2	327	
Temperatura	Média	16,18	16,50	16,50	16,33	0,12
	Desvio padrão	0,41	0,31	0,14	0,40	
	Variância	0,17	0,09	0,02	0,16	
	Nº amostras	176	151	2	327	
Condutividade	Média	0,31	0,33	0,32	0,32	2,09
	Desvio padrão	0,004	0,001	0,01	0,007	
	Variância	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,13 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	
	Nº amostras	176	151	2	327	
OD- sonda	Média	3,68	3,51	3,71	3,76	0,60
	Desvio padrão	0,35	0,04	0,40	0,51	
	Variância	0,12	0,002	0,16	0,26	
	Nº amostras	175	148	2	323	

## 8 CONCLUSÕES

O Rio Barigui é um rio urbano, tomado como estudo de caso para análise da variação nictemeral de um conjunto de parâmetros de qualidade da água. A revisão bibliográfica demonstrou que este tipo de análise não é o foco das estratégias de monitoramento e pesquisas científicas. Tal fato é fortemente motivado pelas dificuldades logísticas e econômicas de tal procedimento. Observou-se que a variação intra-dia para este rio é significativa, especialmente nas situações nas quais a vazão é menor. Portanto, deve se acentuar a atenção nas coletas de dados obtidos durante estes períodos.

De modo geral, constatou-se que para muitos parâmetros a variabilidade intra-dia é significativa e deve ser considerada pelo gestor de qualidade da água. Adicionalmente, demonstrou-se que uma coleta simples para cada dia pode ser representativa do estado do corpo d'água no dia, porém pouco representativa para descrever a variância da informação.

Os resultados dos ensaios analíticos indicaram que a qualidade do rio Barigui é influenciada por despejos domésticos. As altas concentrações DQO, nitrogênio amoniacal e ortofosfato confirmam o predomínio de material orgânico proveniente de efluentes domésticos. Vale ressaltar que este trecho do rio drena uma das partes menos populosas da bacia, todavia os resultados indicam que há uma carência na coleta e tratamento do esgoto existente.

Além disso, não é possível verificar a tendência do corpo d'água quanto às cargas poluidoras, que poderiam eventualmente desenquadrar o rio de sua classe devido às influências externas de curto período. Isso implica que pode haver uma amostra sazonal em um pico de maior ou menor qualidade do rio, não representativa para um monitoramento.

Vale lembrar que esses resultados foram obtidos com um número limitado de campanhas, e que a variabilidade entre os dados é melhor representada quando se tem um grande banco de dados. Isso permite verificar melhor as tendências do corpo d'água quanto à influência de fatores externos.

Entretanto, com os dados obtidos pode se verificar alguns horários em que a amostra se manteria mais próxima ao valor médio observado ao longo do dia, através dos dados mais próximos à mediana (segunda e terceira campanhas). Eles são: qualquer hora para a DQO, mas às 17:00 para maior especificidade; para a DBO entre 13:00 e 15:00; entre 11:00 e 13:00 para o ortofosfato; entre 15:00 e 17:00

para o nitrogênio amoniacal; para os sólidos suspensos totais horários entre 17:00 e 19:00; e qualquer horário para surfactantes.

## 9 RECOMENDAÇÕES

Como objeto de estudos futuros recomenda-se que seja feito o monitoramento no período da noite e com maior frequência, para determinar polutogramas mais abrangentes e o acompanhamento sazonal, para verificar se há padrão nas variações dos parâmetros em escala de tempo maiores.

Além disso, sugere-se que também que se realize a análise de um conjunto maior de parâmetros e incluir ensaios de UV-Vis e Fluorescência como uma maneira de determinar aspectos da qualidade da matéria orgânica analisada. Outro ponto a ser sugerido é a realização de um estudo estatístico a partir de dados similares aos obtidos neste estudo conforme Anttila *et al.* (2012).

Finalmente, que seja feita uma comparação entre outros equipamentos e métodos analíticos, uma vez que, a priori, foi identificada uma discrepância considerável entre duas metodologias consagradas, sendo que uma utilizava equipamento multi-parâmetro e a outra não.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.897/Junho de 1987 (a) – Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.898/Junho de 1987 (b) – Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13736/Novembro de 1996 – Água – determinação de alcalinidade – Métodos potenciométrico e titulométrico.
- ANTILLA, S.; KETOLA, M.; VAKILLAINENK.; KAIRESALO, T. Assessing temporal representativeness of water quality monitoring data. In: **J. Environ. Monit.**, v. 14, p. 589-595. 2012
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>o</sup>ed. Washington, DC. 2005.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2003.
- BASSO, L.A. **Avaliação da concentração e carga de sólidos exportada pelo arroio do Salso, Porto Alegre- RS**. Porto Alegre, 2010.
- BEM, C. C.; AZEVEDO, J. C. R.; FERNANDES, C. V. S. Avaliação das Características da Matéria Orgânica em uma Bacia Urbana - Estudo de Caso da Bacia do Rio Barigui. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011, Maceió. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH. v. 1. p. 1-16, 2011.
- BERTOLETTI, E.; NIPPER, M. G.; MAGALHÃES, N. P. A precisão de testes de toxicidade com *Daphnia*. **Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 55-59, 1992.
- BITTENCOURT, A.V.L.; HINDI, E.C. Tópicos de hidroquímica. In: **III Curso Sudamericano Sobre Evaluación Y Vulnerabilidad De Acuíferos**, Asunción. Itaipú binacional, OEA, 2000.
- BOWIE, G. L.; MILLS, W. B. ; PORCELLA, D. B. ; CAMPBELL, C. L. ; PAGENKOPF, J. R. ; RUPP, G. L. ; JOHNSON, K. M. ; CHAN, P. W. H. ; GHERINI, S. A. **Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling**. 2. ed., Athens: United States Environmental Protection Agency, 1985.
- BRAGA, S. M. **Análise do potencial de utilização de sensores automáticos hidroambientais: estudo de caso da bacia do rio Barigui**. 2005. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2005.
- BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. p 640.

BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V.P. Q.; PORTO, M. F. A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1991. V. 3.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**.

BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**.

BRITO, L. T. L. **Avaliação dos impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia do Salitre- Bahia e classificação das fontes hídricas**. 2003. 184 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba. 2003.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>

CHAPRA, S. C. **Surface Water-Quality Modeling**. McGraw Hill, 1996.

CHELLA, R. M.; FERNANDES, C. V. S.; FERMIANO, G. A.; FILL, H. D. Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigui. In: **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, nº3, jul/set 2005, p.105-111.

COELHO, M; KISHI, R.T. **Caracterização de Cargas Orgânicas nos Rios Barigui, Belém e Atuba na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu**. In: XIX Simpósio de brasileiro de recursos hídricos, 2011, Maceió.

COSTA, M. A. G. **Poluição ambiental: herança para gerações futuras**. Santa Maria, RS: Orium, 2004. 254 p.

DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O. DE; BARBOSA, J.E.L.; KONIG, A. Ciclo nictemeral e vertical de variáveis ambientais no Açude Epitácio Pessoa, semi-árido paraibano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Joinville. P. 1-18. 2003.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVES, F. A; BOZELLI, R. L.; CAMARGO, A. F. M.; ROLAND, F.; THOMAZ, F. M. Variação diária (24 horas) de temperatura, O<sub>2</sub> dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. In: **Acta Limnologica Brasiliensia**. São Carlos: Sociedade Brasileira de Limnologia, p.99-127, 1988.

ESTEVES, F.A. *et al.* Variação diária (24 horas) de temperatura, O<sub>2</sub> dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo desses ecossistemas. **Acta Limnológica Brasileira**, v. 11, p. 99-127, 1988.



FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo.** 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba. 2006.

FREIRE, R. H. F. **Aspectos Limnológicos de três reservatórios que abastecem a Região Metropolitana – Fortaleza – Açudes Pacajus, Pacoti e Gavião.** 2000. 308 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará. 2000.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. **Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba.** Química Nova, v. 31, n. 8, 2008.

GALINDO, Evania Freires. **A intersectorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Recife, UFPE, 2004.

GENDA, A. **Saneamento do meio.** São Paulo: FUNDACENTRO, 1982. p235.

GONÇALVES, V. D. **Avaliação de alterações de parâmetros de qualidade da água em uma seção transversal – seu impacto para a gestão de recursos hídricos.** Dissertação – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2011.

GOOGLE. **Dados cartográficos MapLink ©2013.** Disponível em <https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>. Acesso em fevereiro, 2013.

HEM, J. D. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water.** United State Geological Survey, 2001.

HOLT, M. S. Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment. **Food and Chemical Toxicology**, v.38, p. 21-27, 2000.

IAP. **Monitoramento da Qualidade das Águas dos Rios da Região Metropolitana de Curitiba, no Período de 1992 a 2005.** Curitiba, Instituto Ambiental do Paraná, 2005.

INSTITUTO DAS ÁGUAS (SUREHMA). **Portaria nº 20 de 12 de maio de 1992.**

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p. 1995.

JUNGCLAUS, G. A.; LOPEZ-ÁVILA, V.; HITES, R. A. Organic compound in an industrial wastewater: a case study of their environmental impacts. **Environmental Science Technology**, V. 12, p. 88-96, 1978.

KNAPIK, H. G. **Modelagem da qualidade da água na Bacia do Alto Iguaçu: monitoramento e calibração.** Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso para o grau de Engenharia Ambiental). Paraná, UFPR, 2006.

KÖNIG, A.; SOUSA, M. S. M.; COSTA, N. A. F.; FREITAS, V. L. B.; CEBALLOS, B. S. O. Variação nictemeral da qualidade do efluente final de uma lagoa facultativa secundária e a influência das algas. 20º CBESA. **Anais**, 587-595. 2000.

LOVETT, G. M.; BURNS, D. A.; DRISCOLL, C. T.; JENKINS, J. C.; MITCHELL, M. J.; RUSTAD, L.; SHANLEY, J. B.; LIKENS, G. E.; HAEUBER, L. Who needs environmental monitoring? In: **Front. Ecol. Environ.**, v. 5, p.253–260. 2007.

MAGALHÃES, P. C. O custo da água gratuita. In: **Ciência Hoje**, v. 36, nº 211, 2004, p.45-49.

MAGOSSI, L. R.; BONACELLA, Paulo Henrique. **Poluição das águas**. 11.ed, São Paulo: Moderna, 1994. p56. (Coleção desafios)

MAIA, Anna Paula Alves. **Gestão de recursos hídricos em Pernambuco**: o comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Recife, UFPE, 2002.

MANIASSO, Nelson. **Ambientes micelares em química analítica**. Química Nova, São Paulo, v. 24, n. 1, Fevereiro, 2001.

MARGALEF, R. (1986). **Limnologia**. Omega, Barcelona. 1010p.

MARTINS, R. F. **Avaliação da presença de metais e de biomarcadores fecais em sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Curitiba, UFPR, 2008.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. Nova York, McGraw-Hill, 2003. 4. ed. 1819 p.

MEDEIROS, P. R.; BARBOSA, J. E. L.; SILVA, A. M. A.; CRISPIM, M. C. B. Vertical and nictemeral dynamics of limnological variables in a tropical Brazilian Dam. In: **Rev. De Biologia e Ciências da terra**, especial nº 1, 2006, p. 73-80.

MEYBECK M. The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities. In: **Water Sci. Technol.** 2004.

MICHELS, I. L. **Resíduos sólidos urbanos**. Campo Grande, MS: UFMS, 2004. p. 145.

MIWA, A. C. P. **Avaliação do sistema de tratamento de esgoto de Cajati, Vale do Ribeira de Iguape (SP), em diferentes épocas do ano**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). São Carlos, USP, 2007.

MOURA. L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. In: **Quim. Nova**, v. 33, nº 1, 2010, p. 97-103.

MUHLENHOFF, A. P. ; KNAPIK, H. G. ; FERNANDES, C. V. S. . **Avaliação dos erros de Calibração de Modelos Matemáticos de Qualidade da Água e seu Impacto para a Gestão de Recursos Hídricos**: Estudo de Caso das Bacias do Alto Iguaçú e Barigüi. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió.

XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre : ABRH, 2011. v. 1. p. 1-19.

NOVOTNY, V., OLEM, H. **Water Quality** – Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution, New York, John Wiley and Sons, Inc.1993.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Plano Municipal de Desenvolvimento Econômico**. 2008.

SANTOS, V. R.; COSTA, D. J. L.; TEIXEIRA, D. Variação nictemeral de parâmetros físico-químicos e biológicos do Ribeirão das Cruzes, Araraquara-SP. In: **Revista Uniara**, v. 13, nº 2, 2010, p. 90-104.

SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parques-e-bosques-parque-tingui-secretaria-municipal-do-meio-ambiente/321>>. Acesso em: 04 de novembro de 2012.

STAHL, R. G. Jr. The genetic toxicology of organic compounds in natural water and wastewater. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 22, p.94-125, 1991.

STUDART, T.; CAMPOS, N. **Gestão das Águas. Princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre. ABRH, 2003.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Reservoir Water Quality Management**. In: UNEP/ILEC Guidelines of Lake Management. v. 9. Japan: ILEC International Lake Environment Committee, 1999.

TEIXEIRA, M. C. *et al.* Padrões de variação do carbono orgânico na planície de inundação do alto rio Paraná. In: **Oecol. Bras.**, v. 12, nº 1, 2008, p. 57-65.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª ED. Rio Grande do Sul, UFRGS. 2007.

TUNDISI, J. G. **Água no Século 21: Enfrentando a escassez**. RiMa Artes e Textos. 208 p. 2003.

USEPA. **Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual**. Office of Water – EPA 841-B-97-003. United States, 1997.

VILLA, A. T. **Avaliação ambiental de qualidade da água do lago do parque Barigui: potencial de poluição orgânica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Curitiba, UFPR, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. V.1, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 2005

ZAGO, O.; DEL PINO, J. C. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/sabao.pdf>

## APÊNDICES

Apêndice A: Dados obtidos pela sonda na primeira campanha.

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
06:40:01	15,56	7,56	0,318	22,1	5,81
06:45:01	15,55	7,58	0,318	22,8	5,5
06:50:01	15,55	7,58	0,318	23,4	5,37
06:55:01	15,55	7,54	0,318	23,1	5,37
07:00:01	15,55	7,58	0,318	23,5	5,32
07:05:01	15,54	7,59	0,318	24,5	5,19
07:10:01	15,53	7,58	0,318	25,2	5,01
07:15:01	15,53	7,59	0,318	24,9	5,17
07:20:01	15,52	7,6	0,318	24,7	5,06
07:25:01	15,52	7,59	0,318	23,5	5,09
07:30:01	15,52	7,59	0,318	23,7	4,88
07:35:01	15,52	7,6	0,318	23	4,8
07:40:01	15,52	7,49	0,318	24,3	4,67
07:45:01	15,52	7,59	0,318	26,6	4,83
07:50:01	15,51	7,59	0,318	24,3	4,75
07:55:01	15,52	7,59	0,318	27,9	4,61
08:00:01	15,52	7,59	0,318	26,1	4,55
08:05:01	15,53	7,6	0,318	26,8	4,54
08:10:01	15,53	7,59	0,319	26,3	4,44
08:15:01	15,53	7,56	0,319	26	4,41
08:20:01	15,54	7,58	0,319	30,3	4,39
08:25:01	15,54	7,6	0,319	28,1	4,38
08:30:01	15,54	7,57	0,319	27,9	4,34
08:35:01	15,55	7,59	0,319	27,1	4,29
08:40:01	15,55	7,59	0,32	26,7	4,31
08:45:01	15,56	7,51	0,32	26,5	4,26
08:50:01	15,57	7,61	0,32	24,2	4,25
08:55:01	15,58	7,6	0,32	22,3	4,21
09:00:01	15,59	7,58	0,321	23	4,19
09:05:01	15,61	7,59	0,321	23,5	4,19
09:10:01	15,62	7,61	0,321	22,4	4,17
09:15:01	15,63	7,6	0,321	22,8	4,16
09:20:01	15,65	7,59	0,321	21,9	4,18
09:25:01	15,65	7,59	0,321	22,4	4,15
09:30:01	15,66	7,6	0,322	21,8	4,12
09:35:01	15,68	7,57	0,322	22,2	4,13
09:40:01	15,7	7,62	0,322	20,7	4,14
09:45:01	15,71	7,55	0,322	20,2	4,11
09:50:01	15,73	7,53	0,322	20,3	4,14
09:55:01	15,75	7,56	0,322	20,5	4,18
10:00:01	15,77	7,6	0,322	19,9	4,2
10:05:01	15,78	7,6	0,321	20,9	4,18
10:10:01	15,78	7,58	0,321	20,9	4,11
10:15:01	15,8	7,6	0,321	20,3	4,08
10:20:01	15,82	7,6	0,321	19,9	4,14
10:25:01	15,84	7,61	0,321	19,2	4,15
10:30:01	15,86	7,6	0,321	19,5	4,11
10:35:01	15,88	7,61	0,321	19,7	4,11
10:40:01	15,88	7,6	0,321	19,8	4,09

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
10:45:01	15,87	7,59	0,321	18,6	4,11
10:50:01	15,86	7,6	0,321	19,5	4,09
10:55:01	15,86	7,63	0,32	19,2	4,09
11:00:01	15,86	7,61	0,32	18,9	4,02
11:05:01	15,87	7,63	0,32	19	4,03
11:10:00	15,88	7,62	0,32	18,8	4,07
11:15:00	15,88	7,63	0,32	19	4,02
11:20:00	15,88	7,63	0,319	20	4,03
11:25:00	15,89	7,62	0,319	17,9	4,03
11:30:00	15,9	7,63	0,319	20	4
11:35:00	15,92	7,59	0,319	18	3,98
11:40:00	15,92	7,61	0,318	18,7	3,95
11:45:00	15,93	7,6	0,318	18,6	3,89
11:50:00	15,93	7,58	0,318	19,8	3,96
11:55:00	15,93	7,61	0,318	18,7	3,94
12:00:00	15,93	7,61	0,317	19,8	3,94
12:05:00	15,94	7,61	0,317	19,4	3,88
12:10:00	15,96	7,63	0,317	18	3,96
12:15:00	16	7,62	0,317	17,8	4,03
12:20:00	16,03	7,63	0,316	17,9	3,98
12:25:00	16,05	7,63	0,316	18,9	3,96
12:30:00	16,08	7,63	0,316	19,4	4,06
12:35:00	16,11	7,63	0,316	18,6	4,05
12:40:00	16,14	7,6	0,315	18,2	3,96
12:45:00	16,16	7,62	0,315	17,7	4,07
12:50:00	16,18	7,63	0,315	19,7	4,08
12:55:00	16,2	7,65	0,315	18	4,12
13:00:00	16,2	7,65	0,315	19,9	4,07
13:05:00	16,19	7,64	0,315	18,5	4,03
13:10:00	16,2	7,63	0,315		
13:15:00	16,2	7,62	0,314	18	4,03
13:20:00	16,2	7,61	0,314	18,7	4,03
13:25:00	16,22	7,65	0,314	19,1	4,05
13:30:00	16,23	7,62	0,314	18,8	4,07
13:35:00	16,24	7,58	0,314	17,5	3,98
13:40:00	16,26	7,62	0,313	18,6	4,06
13:45:00	16,32	7,64	0,313	19,8	4,05
13:50:00	16,36	7,61	0,313	19,8	4,09
13:55:00	16,39	7,62	0,313	18,2	4,09
14:00:00	16,43	7,65	0,313	18,8	4,12
14:05:00	16,45	7,63	0,313	20,5	3,99
14:10:00	16,46	7,65	0,313	19,1	4,11
14:15:00	16,46	7,6	0,313	19,3	4,04
14:20:00	16,47	7,64	0,313	17,6	4,09
14:25:00	16,45	7,64	0,313	20	4,1
14:30:00	16,45	7,64	0,313	17,8	4,05
14:35:00	16,44	7,64	0,313	19,8	4,02
14:40:00	16,44	7,59	0,313	19,3	3,91
14:45:00	16,43	7,64	0,313	21,5	3,94
14:50:00	16,42	7,65	0,313	20	3,97
14:55:00	16,41	7,56	0,313	18,5	3,91
15:00:00	16,42	7,59	0,313	19,9	3,94
15:05:00	16,43	7,56	0,312	19,6	3,92
15:10:00	16,43	7,65	0,312	18	3,97

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
15:15:00	16,45	7,65	0,312	19,4	4
15:20:00	16,47	7,67	0,312	18	3,99
15:25:00	16,47	7,62	0,312	19,9	3,98
15:30:00	16,49	7,67	0,313	17,7	4,01
15:35:00	16,49	7,65	0,313	18,6	4,01
15:40:00	16,48	7,66	0,313	17,4	3,97
15:45:00	16,5	7,67	0,313	19	3,99
15:50:00	16,5	7,65	0,313	18,4	3,92
15:55:00	16,51	7,66	0,313	20	3,99
16:00:00	16,52	7,64	0,313	18	3,98
16:05:00	16,51	7,67	0,313	18	3,94
16:10:00	16,5	7,64	0,313	18,3	3,96
16:15:00	16,51	7,67	0,313	19,8	3,93
16:20:00	16,51	7,67	0,313	22,2	3,92
16:25:00	16,51	7,67	0,313	21,2	3,9
16:30:00	16,5	7,64	0,313	19,4	3,92
16:35:00	16,5	7,66	0,313	19	3,89
16:40:00	16,5	7,67	0,313	18	3,89
16:45:00	16,49	7,65	0,313	19,3	3,92
16:50:00	16,5	7,65	0,313	18,1	3,91
16:55:00	16,5	7,67	0,313	18,6	3,9
17:00:00	16,51	7,67	0,313	18,9	3,87
17:05:00	16,51	7,65	0,313	19,4	3,86
17:10:00	16,52	7,64	0,313	19	3,89
17:15:00	16,52	7,68	0,313	18,1	3,85
17:20:00	16,53	7,65	0,313	19,1	3,81
17:25:00	16,52	7,61	0,313	21,2	3,76
17:30:00	16,53	7,66	0,313	20,2	3,82
17:35:00	16,52	7,66	0,313	19,4	3,8
17:40:00	16,53	7,67	0,313	19,2	3,76
17:45:00	16,53	7,68	0,313	20,4	3,8
17:50:00	16,54	7,67	0,313	18,2	3,74
17:55:00	16,54	7,66	0,313	20	3,71
18:00:00	16,55	7,66	0,313	22,9	3,67
18:05:00	16,56	7,66	0,313	28,6	3,67
18:10:00	16,57	7,67	0,313	39,6	3,69
18:15:00	16,57	7,67	0,312	36	3,65
18:25:46	16,59	7,46	0,309	20,2	3,55
18:30:46	16,6	7,48	0,309	21,3	3,41
18:35:46	16,59	7,56	0,309	18,9	3,47
18:40:46	16,6	7,64	0,309	21,2	3,44
18:45:46	16,6	7,66	0,308	20,1	3,44
18:50:46	16,6	7,66	0,308	20,5	3,41
18:55:46	16,59	7,65	0,308	19,9	3,35
19:00:46	16,59	7,67	0,308	17,9	3,37
19:05:46	16,6	7,66	0,308	19,8	3,4
19:10:46	16,6	7,67	0,308	21,6	3,37
19:15:46	16,59	7,66	0,308	21,7	3,35
19:20:46	16,6	7,66	0,308	24,9	3,34
19:25:46	16,6	7,67	0,308	21,3	3,34
19:30:46	16,6	7,66	0,308	21	3,25
19:35:46	16,6	7,66	0,308	22,3	3,34
19:40:46	16,6	7,66	0,308	21,4	3,38
19:45:46	16,6	7,66	0,308	21,1	3,34

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
19:50:46	16,61	7,66	0,308	20,6	3,12
19:55:46	16,61	7,66	0,308	23,3	3,13
20:00:46	16,61	7,67	0,308	19,7	3,26
20:05:46	16,61	7,66	0,308	24,2	3,09
20:10:46	16,61	7,66	0,308	19,4	3,15
20:15:46	16,61	7,67	0,308	22,5	3,28
20:20:46	16,62	7,66	0,308	23,2	3,16
20:25:46	16,62	7,67	0,308	23,1	3,11
20:30:46	16,62	7,66	0,308	20,7	3,17
20:35:46	16,62	7,66	0,308	23,7	3,2
20:40:46	16,63	7,67	0,309	24,2	3,24
20:45:46	16,63	7,65	0,309	20,8	3,14
20:50:46	16,64	7,66	0,309	21,5	3,15
20:55:46	16,62	7,67	0,309	22,2	3,17
21:00:46	16,63	7,67	0,309	23,8	3,11
21:05:46	16,63	7,66	0,309	24,4	3,12
21:10:46	16,63	7,65	0,309	22,2	3,01
21:15:46	16,63	7,65	0,309	22,6	3,12
21:20:46	16,63	7,65	0,31	24,7	3,06

Apêndice B: Dados obtidos pela sonda na segunda campanha.

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
06:39:58	16,02	7,17	0,321	18,9	4,71
06:44:58	16	7,17	0,322	20,1	4,65
06:49:58	16	7,15	0,323	18,5	4,65
06:54:58	16,01	7,16	0,323	18,7	4,57
06:59:58	16,01	7,17	0,323	17,8	4,49
07:04:58	16	7,16	0,324	20,3	4,35
07:09:58	16	7,16	0,324	21,6	4,49
07:14:58	16	7,15	0,325	19,2	4,53
07:19:58	16	7,14	0,325	22,1	4,53
07:24:58	15,99	7,13	0,325	20,9	4,56
07:29:58	15,99	7,12	0,326	20,2	4,35
07:34:58	15,98	7,12	0,326	20,3	4,43
07:39:58	15,99	7,12	0,327	22,7	4,42
07:44:58	15,98	7,12	0,327	19,4	4,34
07:49:58	15,98	7,12	0,328	19,2	4,28
07:54:58	15,99	7,12	0,328	20,8	4,18
07:59:58	15,99	7,12	0,328	21,2	4,26
08:04:58	16	7,12	0,329	21,3	4,14
08:09:58	16,01	7,13	0,329	20,8	4,05
08:14:58	16,02	7,13	0,329	20,5	4,06
08:19:58	16,03	7,14	0,329	17,5	4,02
08:24:58	16,03	7,14	0,329	19	3,87
08:29:58	16,04	7,14	0,33	17,4	3,67
08:34:58	16,05	7,15	0,33	16,8	3,64
08:39:58	16,06	7,16	0,329	19,5	3,65
08:44:58	16,08	7,16	0,329	16,9	3,55
08:49:58	16,09	7,16	0,329	18	3,51
08:54:58	16,1	7,17	0,329	18	3,57
08:59:58	16,13	7,17	0,329	16,6	3,58



Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
09:04:58	16,15	7,18	0,329	18,5	3,52
09:09:58	16,17	7,18	0,329	16,9	3,55
09:14:58	16,18	7,18	0,329	17,2	3,56
09:19:58	16,18	7,19	0,329	16,1	3,46
09:24:58	16,19	7,19	0,328	15,9	3,48
09:29:58	16,19	7,19	0,328	17,9	3,37
09:34:58	16,18	7,19	0,328	14,9	3,41
09:39:58	16,17	7,19	0,328	15,6	3,45
09:44:58	16,17	7,19	0,328	16,3	3,43
09:49:58	16,18	7,2	0,328	19	3,34
09:54:58	16,19	7,2	0,328	15,5	3,42
09:59:58	16,19	7,2	0,328	16,6	3,38
10:04:58	16,21	7,2	0,328	15,3	3,57
10:09:58	16,23	7,21	0,328	15,9	3,51
10:14:58	16,26	7,22	0,328	16,3	3,47
10:19:58	16,31	7,22	0,328	15	3,43
10:24:58	16,34	7,23	0,328	18,7	3,48
10:29:58	16,4	7,23	0,328	19,1	3,55
10:34:58	16,41	7,23	0,328	16,4	3,55
10:39:58	16,4	7,23	0,328	15,5	3,55
10:44:58	16,4	7,21	0,328	15,7	3,53
10:49:58	16,41	7,14	0,328	17,4	3,45
10:54:58	16,41	7,17	0,328	15,6	3,41
10:59:58	16,47	7,21	0,328	14,6	3,49
11:04:58	16,49	7,26	0,328	16	3,51
11:09:58	16,52	7,29	0,328	15,4	3,54
11:14:58	16,54	7,34	0,328	14,5	3,55
11:19:58	16,56	7,38	0,328	15,2	3,52
11:24:58	16,56	7,42	0,328	14,4	3,55
11:29:58	16,6	7,45	0,327	14,8	3,61
11:34:58	16,63	7,48	0,327	17,5	3,5
11:39:58	16,66	7,52	0,327	16,3	3,55
11:44:58	16,72	7,54	0,327	18,5	3,54
11:49:58	16,77	7,58	0,327	17,1	3,67
11:54:58	16,82	7,61	0,327	17	3,59
11:59:58	16,84	7,64	0,327	17,4	3,6
12:04:58	16,89	7,68	0,327	24,6	3,57
12:09:58	16,94	7,69	0,327	19,1	3,68
12:14:58	16,99	7,71	0,327	24,2	3,59
12:19:58	16,98	7,71	0,327	31,4	3,67
12:24:58	16,99	7,72	0,327	18,4	3,7
12:29:58	16,96	7,71	0,327	29,2	3,5
12:34:58	16,92	7,7	0,327	38,8	3,56
12:39:58	16,89	7,7	0,327	29,4	3,53
12:44:58	16,87	7,69	0,328	35,3	3,57
12:49:58	16,84	7,69	0,328	26,1	3,44
12:54:58	16,83	7,69	0,328	40,7	3,4
12:59:58	16,82	7,68	0,328	66,1	3,49
13:04:58	16,82	7,68	0,328	39,1	3,41
13:09:58	16,83	7,68	0,328	32,7	3,49
13:14:58	16,84	7,68	0,328	37,5	3,51
13:19:58	16,85	7,69	0,328	28,5	3,46
13:24:58	16,85	7,69	0,328	28	3,38
13:29:58	16,85	7,69	0,328	33,5	3,42

Horário	T (°C)	pH	Cond (mS/cm)	Turb (NTU)	OD (mg/L)
13:34:58	16,84	7,68	0,328	50	3,41
13:39:58	16,83	7,68	0,329	38,1	3,42
13:44:58	16,82	7,68	0,329	33	3,42
13:49:58	16,8	7,68	0,329	33,4	3,37
13:54:58	16,79	7,67	0,329	40,6	3,42
13:59:58	16,77	7,68	0,329	38,1	3,44
14:04:58	16,77	7,68	0,329	51,1	3,32
14:09:58	16,75	7,67	0,329	56,3	3,37
14:14:58	16,74	7,68	0,328	46,1	3,29
14:19:58	16,73	7,68	0,328	28,4	3,36
14:24:58	16,72	7,69	0,328	37,6	3,31
14:29:58	16,72	7,69	0,328	33,1	3,35
14:34:58	16,72	7,7	0,328	32,8	3,33
14:39:58	16,71	7,69	0,328	45,4	3,35
14:44:58	16,71	7,69	0,328	28,8	3,31
14:49:58	16,7	7,69	0,328	65,5	
14:54:58	16,7	7,69	0,328	35,8	3,3
14:59:58	16,7	7,69	0,328	30,5	3,33
15:04:58	16,7	7,69	0,328	50,6	3,29
15:09:58	16,69	7,69	0,328	43,5	3,33
15:14:58	16,69	7,69	0,328	25,4	3,3
15:19:58	16,7	7,7	0,328	36,8	3,34
15:24:58	16,71	7,7	0,329	40	3,31
15:29:58	16,72	7,69	0,329	19,4	3,33
15:34:58	16,73	7,69	0,329	42,5	3,34
15:39:58	16,74	7,7	0,329	17,3	3,25
15:44:58	16,74	7,7	0,329	38,1	3,32
15:49:58	16,74	7,7	0,329	23,1	3,34
15:54:58	16,75	7,7	0,33	20,2	3,22
15:59:58	16,74	7,7	0,329	18,2	3,37
16:04:58	16,75	7,7	0,329	20,5	3,37
16:09:58	16,76	7,7	0,33	52	3,3
16:14:58	16,76	7,7	0,329	70,9	3,4
16:19:58	16,75	7,7	0,329	41,4	3,31
16:24:58	16,75	7,7	0,329	21,3	3,36
16:29:58	16,75	7,7	0,329	20	3,32
16:34:58	16,74	7,7	0,329	72,5	3,3
16:39:58	16,74	7,69	0,329	18,1	3,27
16:44:58	16,74	7,69	0,329	16,3	3,39
16:49:58	16,73	7,7	0,329	52,6	3,14
16:54:58	16,73	7,69	0,328	18,8	3,26
16:59:58	16,72	7,69	0,328	18,6	3,34
17:04:58	16,71	7,68	0,328	70,8	
17:09:58	16,7	7,68	0,328	39,3	3,24
17:14:58	16,69	7,68	0,328	71,5	3,13
17:19:58	16,67	7,67	0,328	37,7	3,22
17:24:58	16,67	7,67	0,328	35,7	3,16
17:29:58	16,66	7,66	0,328	30,1	3,05
17:34:58	16,64	7,66	0,328	39,6	3,07
17:39:58	16,62	7,66	0,328	25,3	3,2
17:44:58	16,62	7,66	0,328	22,7	3,11
17:49:58	16,6	7,66	0,328	20,8	3,16
17:54:58	16,58	7,65	0,328	48,5	2,94
17:59:58	16,58	7,65	0,328	26,5	

<b>Horário</b>	<b>T (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Cond (mS/cm)</b>	<b>Turb (NTU)</b>	<b>OD (mg/L)</b>
18:04:58	16,56	7,64	0,328	35,2	3,02
18:09:58	16,54	7,64	0,328	34,6	2,93
18:14:58	16,52	7,63	0,328	51,1	3
18:19:58	16,5	7,63	0,328	26,6	2,98
18:24:58	16,5	7,63	0,328	20	2,94
18:29:58	16,48	7,63	0,327	46,2	2,96
18:34:58	16,48	7,63	0,327	61,7	2,96
18:39:58	16,47	7,63	0,327	44,4	3,03
18:44:58	16,45	7,63	0,327	56,5	2,99
18:49:58	16,45	7,62	0,326	32,8	2,94
18:54:58	16,44	7,62	0,326	33,7	3,02
18:59:58	16,44	7,62	0,326	35,1	2,98
19:04:58	16,43	7,63	0,325	45,4	2,89
19:09:58	16,41	7,63	0,325	27,3	2,96

Apêndice C: Resultados analíticos da primeira campanha.

	<b>DQO</b>	<b>DBO</b>	<b>Nitrogênio amoniacal</b>	<b>Surfactantes</b>	<b>OD</b>	<b>SST</b>	<b>COD</b>	<b>Alcalinidade</b>	<b>Carga DBO</b>	<b>Carga DQO</b>
<b>Horario de amostragem</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg/L de N(NH<sub>3</sub>)</b>	<b>mg LAS/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>	<b>kg/d</b>	<b>kg/d</b>
07:00	4,86	1,12	4,46	0,16	6,47	12,00	1,76	171,20	120,48	522,47
09:00	8,31	2,33	3,96		6,86	13,00	2,56	172,80	250,63	893,84
11:00	9,86	1,12	3,34		5,68	6,00	2,96	172,80	120,48	1060,31
13:00	8,55	2,69	3,37	0,16	6,27	2,00	4,07	185,60	289,36	919,45
15:00	7,71	2,13	3,54		5,88	70,00	3,50	169,60	229,12	829,81
17:00	6,88	2,73	3,24		5,88	6,00	-----	156,80	293,66	740,17
19:00	4,62	1,53	3,07		5,88	19,00	3,44	163,20	164,58	496,86
21:00	5,33	1,12	3,62	0,20	5,29	11,00	4,45	171,20	120,48	573,70

Apêndice D: Resultados analíticos da segunda campanha.

	<b>DQO</b>	<b>DBO</b>	<b>Ortofosfato</b>	<b>Nitrogênio amoniacal</b>	<b>Surfactantes</b>	<b>OD</b>	<b>SST</b>	<b>Alcalinidade</b>	<b>Carga DBO</b>	<b>Carga DQO</b>
<b>Horario de amostragem</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mgP/L</b>	<b>mg/L de N(NH<sub>3</sub>)</b>	<b>mg LAS/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>	<b>kg/d</b>	<b>kg/d</b>
07:00	3,96	1,97	0,06	6,52	0,33	5,10	10,00	195,20	273,58	550,52
09:00	16,40	3,45	0,05	7,12		5,29	6,00	200,00	479,10	2278,14
11:00	5,93	2,77	0,07	7,87		5,49	11,00	187,20	384,67	823,30
13:00	3,67	3,30	0,06	7,85	0,29	5,29	7,50	195,20	458,27	509,19
15:00	9,14	3,15	0,07	7,04		5,29	5,00	196,80	437,44	1269,68
17:00	8,19	2,61	0,07	6,24		5,29	7,00	185,60	362,45	1137,42
19:00	15,69	2,85	0,07	6,00		4,90	6,00	182,40	395,78	2178,95
21:00	17,12	1,59	0,06	5,96	0,26	5,68	-----	187,20	220,80	2377,33

Apêndice E: Resultados analíticos terceira campanha.

	<b>DQO</b>	<b>DBO</b>	<b>Ortofosfato</b>	<b>Nitrogênio amoniacal</b>	<b>Surfactantes</b>	<b>OD</b>	<b>SST</b>	<b>Alcalinidade</b>	<b>Carga DBO</b>	<b>Carga DQO</b>
<b>Horario de amostragem</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mgP/L</b>	<b>mg/L de N(NH<sub>3</sub>)</b>	<b>mg LAS/L</b>	<b>mg O<sub>2</sub>/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>	<b>kg/d</b>	<b>kg/d</b>
07:00	19,14	4,58	2,61	11,64	0,28	4,31	9,00	208,00	397,89	1663,04
09:00	44,98	4,26	2,42	12,57		3,92	11,50	206,40	370,09	3907,32
11:00	15,93	3,65	2,77	7,89		4,51	15,50	204,80	317,09	1383,80
13:00	34,26	4,50	2,87	7,96	0,23	5,10	8,00	203,20	390,94	2976,51
15:00	56,40	4,58	4,66	10,76		5,49	14,50	212,80	397,89	4900,17
17:00	45,57	5,26	3,45	11,00		5,49	7,00	206,40	456,96	3959,03
19:00	39,98	5,50	3,40	9,31		4,12	8,00	206,40	477,81	3472,94
21:00	26,40	5,06	3,22	9,67	0,28	3,92	11,50	206,40	439,59	2293,92