



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO LAGO DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES - LAJEADO/RS**

Caroline Ely Bazanella

Lajeado, novembro de 2015

Caroline Ely Bazanella

**MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO LAGO DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES - LAJEADO/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II  
apresentado ao Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas do Centro Universitário  
UNIVATES, como parte da exigência para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Ms. Rafael Rodrigo  
Eckhardt

Lajeado, novembro de 2015

Caroline Ely Bazanella

**MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO LAGO DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES - LAJEADO/RS**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Prof. Ms. Rafael Rodrigo Eckhardt – orientador  
Centro Universitário UNIVATES

Profa. Me. Maria Cristina de Almeida Silva  
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Flávio Aguiar Folletto  
Avaliador convidado

Lajeado, novembro de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer à minha família e aos meus amigos, pois sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Ao Professor Flávio Aguiar Folletto, pelas dicas, ensinamentos e sugestões repassadas em aula e durante a orientação da primeira etapa deste trabalho e ao Professor e Mestre Rafael Rodrigo Eckhardt por me auxiliar na aplicação e orientação nesta segunda etapa.

Aos estagiários e funcionários do setor de Gestão Ambiental da UNIVATES, pelo auxílio e disponibilização de dados do lago.

Aos colegas de graduação, pela amizade, troca de informações e auxílio recebido durante a trajetória acadêmica.

## RESUMO

Devido ao aporte de poluentes através de fontes pontuais e difusas, alguns recursos hídricos têm apresentado alterações na qualidade de suas águas. O impacto mais frequente nos ecossistemas aquáticos é a eutrofização, manifestação observada, na maior parte das vezes, em ambientes considerados lênticos. A eutrofização é decorrente do aporte excessivo de nutrientes, como Fósforo e Nitrogênio. O excesso desses nutrientes em um recurso hídrico implica no desenvolvimento de fitoplâncton e macrófitas aquáticas em níveis acima do considerado natural. O Índice de Estado Trófico (IET) é utilizado para classificar os recursos hídricos conforme o seu grau de trofia, avaliando a qualidade, disponibilidade e efeito do aporte de nutrientes encontrados na água a partir de três variáveis: Clorofila  $\alpha$ , Transparência e Fósforo Total. A aplicação dos resultados das análises de Fósforo Total é compreendida como uma medida do potencial de eutrofização do meio, pois atua como agente causador do processo. O objetivo do estudo é monitorar o IET do lago do Centro Universitário UNIVATES, classificando o recurso hídrico conforme o grau de trofia, a partir da aplicação dos resultados de Fósforo Total no IET de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983), para ambientes lênticos. A localização e o número de pontos de amostragem ao longo da seção transversal e vertical do lago foram definidos de acordo com a largura e a profundidade do mesmo. O lago foi subdividido em cinco pontos de amostragem, três localizados em uma seção transversal a jusante, em direção ao exutório do lago, e dois a montante, em profundidades intermediárias. As coletas foram realizadas no período de julho a outubro, correspondendo a um total de 4 (quatro) campanhas amostrais. A coleta das amostras de água foi realizada a partir de uma garrafa Van Dorn, as quais foram acondicionadas em recipientes de vidro e encaminhadas ao Laboratório de Análises Unianálises. No período de realização das campanhas houveram variações significativas no volume de precipitações. As concentrações de Fósforo Total obtidas para os pontos coletados mantiveram-se na faixa de 0,06 mg/L a 0,1 mg/L, apresentando variação entre os pontos e também entre as seções a montante e a jusante do lago. Os resultados das análises químicas de Fósforo Total foram convertidos e aplicados na equação do IET, classificando a água do lago da Univates como Eutrófica nas quatro campanhas realizadas. Estes resultados indicam uma produtividade biológica excessiva, altas concentrações de nutrientes, baixa penetração de luz e alterações na distribuição do oxigênio dissolvido na coluna d'água, o que acaba conferindo mau cheiro e coloração esverdeada à água. Ao comparar as concentrações de Fósforo Total com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 a água do lago é enquadrada como Classe 4. As classificações e a baixa qualidade apresentada pela água do lago correspondem ao período avaliado e podem sofrer alterações no decorrer do tempo.

**Palavras-chaves:** Fósforo, Nitrogênio, eutrofização, Índice de Estado Trófico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FLUXOGRAMAS

<b>Fluxograma 1</b> – Objetivos e métodos da proposta de estudo .....	48
<b>Fluxograma 2</b> - Metodologia do estudo.....	55

### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Evolução do processo de eutrofização em lago ou represa .....	31
<b>Figura 2</b> - Verificação da Transparência a partir do disco de Secchi.....	38
<b>Figura 3</b> - Configuração paisagística atual do lago.....	45
<b>Figura 4</b> – Planta baixa do lago com as entradas das redes de contribuição .....	46
<b>Figura 5</b> - Localização dos pontos de amostragem ao longo da seção transversal de corpos receptores, associadas à largura e profundidade .....	50
<b>Figura 6</b> - Localização de pontos de amostragem ao longo da seção transversal de corpos receptores segundo a NBR 9897 .....	51
<b>Figura 7</b> - Distribuição das seções transversais dos pontos de coleta .....	52
<b>Figura 8</b> - Garrafa Van Dorn.....	53
<b>Figura 9</b> - Sonda multiparâmetros Horiba, modelo U-52G .....	54
<b>Figura 10</b> - Imagem do lago antes e após alguns dias de precipitação .....	59
<b>Figura 11</b> - Bacia de drenagem da área de estudo .....	60
<b>Figura 12</b> - Indícios da presença de peixes existentes no interior do lago .....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Precipitação mensal acumulada do período de 2003 a 2015 .....	56
<b>Gráfico 2</b> - Normal Climatológica x Precipitação Acumulada mensal .....	57
<b>Gráfico 3</b> – Precipitação mensal acumulada Normal Climatológica, do período de 2003 a 2014 e a do ano de 2015.....	58
<b>Gráfico 4</b> - Resultados das amostras analisadas para Fósforo Total .....	67
<b>Gráfico 5</b> - Concentração de Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ ) das amostras nos pontos de coletas .....	68
<b>Gráfico 6</b> - IET calculado para cada ponto analisado.....	69

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Princípios ecológicos das relações entre organismos e o ambiente .....	18
<b>Tabela 2</b> - Distribuição das formas de Nitrogênio a partir da contribuição de esgotos em diferentes condições.....	27
<b>Tabela 3</b> - Limite de Fósforo Total para cada classe de enquadramento .....	29
<b>Tabela 4</b> - Caracterização trófica de lagos e reservatórios .....	35
<b>Tabela 5</b> - Limites para diferentes níveis de estado trófico .....	36
<b>Tabela 6</b> - IET e equivalência com medidas de Fósforo Total segundo o critério de classificação proposto por Lamparelli (2004) para reservatórios .....	41
<b>Tabela 7</b> - Classes para corpos de águas doces .....	42
<b>Tabela 8</b> - Limites de Fósforo Total, pH e Nitrogênio amoniacal total para cada classe de enquadramento .....	43
<b>Tabela 9</b> - Mapeamento dos usos e ocupação do solo e quantificação das áreas de aporte de nutrientes.....	61
<b>Tabela 10</b> – Verificações de profundidade e análises químicas das amostras de água .....	63

<b>Tabela 11</b> - Resultados de Fósforo Total a jusante e a montante do lago.....	67
<b>Tabela 12</b> - Correlação entre a Resolução CONAMA 357/2005 e os resultados obtidos .....	71



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
d	Dia
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
g	Gramma
hab	Habitante
$\text{HPO}_4^{2-}$	Hidrogenofosfato ou fosfato ácido
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	Ácido ortofosfórico
IET	Índice de Estado Trófico
IET <sub>C</sub>	Índice de Estado Trófico de Carlson
IET <sub>L</sub>	Índice de Estado Trófico proposto por Lamparelli
IET <sub>T</sub>	Índice de Estado Trófico modificado por Toledo Jr. et al
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
J	Joule
kg	Quilograma
L	Litro
ln	Logaritmo natural
mg	Miligrama
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
µg	Micrograma
N	Nitrogênio
NH <sub>3</sub>	Amônia

$\text{NH}_4^+$	Íon amônio
$\text{NO}_2$	Nitrito
$\text{NO}_3$	Nitrato
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
$\text{N}_2$	Nitrogênio molecular
P	Fósforo
$\text{PO}_4^{-3}$	Ortofosfato
pH	Potencial Hidrogeniônico
$\approx$	Aproximadamente
$\alpha$	Alfa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Fontes de poluição hídrica .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Lagos e reservatórios.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Nutriente limitante .....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Nitrogênio.....	26
3.4.2 Fósforo .....	28
<b>3.5 Eutrofização .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Índice de Estado Trófico (IET) .....</b>	<b>34</b>
3.6.1 Clorofila a .....	36
3.6.2 Transparência .....	37
<b>3.7 Avaliação do grau de trofia.....</b>	<b>38</b>
3.7.1 Metodologias de classificação dos graus de trofia .....	38
3.7.1.1 Índice de Estado Trófico de Carlson.....	39

3.7.1.2 Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (IET <sub>T</sub> ).....	40
3.7.1.3 Índice de Estado Trófico proposto por Lamparelli (IET <sub>L</sub> ) .....	40
<b>3.8 Enquadramento das Classes de Qualidade da Água .....</b>	<b>42</b>
<b>3.9 Caracterização do local de estudo .....</b>	<b>44</b>
3.9.1 Bacia de drenagem .....	47
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
4.1 Dados de precipitação.....	49
4.2 Mapeamento e quantificação da área de aporte de nutrientes (N e P).....	49
4.3 Amostragem periódica de água e análise química.....	49
4.3.1 Métodos de amostragem.....	49
4.3.2 Determinação dos pontos de coleta .....	50
4.3.3 Periodicidade e procedimentos de coleta das amostras .....	52
4.3.4 Análises químicas .....	53
4.4 Classificação do Índice de Estado Trófico .....	54
4.5 Enquadramento da classe de água segundo a Resolução CONAMA 357/2005.....	55
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
5.1 Dados de precipitação.....	56
5.2 Mapeamento e quantificação da área de aporte de nutrientes (N e P).....	59
5.3 Amostragem periódica de água e análise química.....	63
5.3.1 pH.....	64
5.3.2 Nitrogênio Total Kjeldahl .....	65
5.3.3 Nutriente limitante .....	65
5.3.4 Fósforo Total .....	66
5.4 Classificação do Índice de Estado Trófico .....	68
5.5 Correlação dos resultados com a Resolução CONAMA 357/2005 .....	71

<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>81</b>
<b>.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO A – Planta Baixa de localização das redes do reservatório e pontos de monitoramento.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO B - Laudos das amostras de águas nos pontos de monitoramento..</b>	<b>83</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos provém de processos naturais e de praticamente todas as atividades humanas. As cargas de poluentes oriundas das atividades antrópicas podem ser classificadas de acordo com a sua origem, ou seja, como doméstica, comercial ou industrial. Cada tipo de atividade produz poluentes específicos, que apresentam distintas implicações na qualidade do corpo receptor. A concentração de um determinado componente, assim como o tipo de meio e os usos das águas que o recebe, são fatores que determinam os impactos que o mesmo provocará no ambiente aquático (BARROS, 2008).

O processo de urbanização causa diversos impactos ao meio ambiente, interferindo diretamente na qualidade e na quantidade de água em um ambiente aquático. Com a impermeabilização do solo, decorrente das construções de casas, prédios e asfaltamento de ruas, há uma diminuição das zonas permeáveis, responsáveis por recarregar os aquíferos a partir do processo de infiltração da água no solo (ANA, 2009).

Ainda segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2009), como consequência da redução dos locais de infiltração, estimula-se o escoamento superficial, que pode apresentar uma maior velocidade e volume, em direção às partes mais baixas do relevo. O maior escoamento superficial pode acarretar uma redução do volume de água para a recarga dos aquíferos, erosão dos solos, enchentes e o assoreamento dos recursos hídricos.

As principais entradas de nutrientes de áreas urbanizadas no ecossistema aquático provém de descargas orgânicas de efluentes domésticos e/ou industriais e

de drenagens pluviais. Essas descargas orgânicas podem estar vinculadas aos despejos de efluentes tratados ou não, a ligações clandestinas de esgotos em redes pluviais ou a águas percoladas de fossas sépticas. As atividades desenvolvidas em áreas agrícolas também contribuem significativamente na geração de cargas nutrientes superficiais. A poluição dos recursos hídricos no ambiente rural ocorre por meio da drenagem pluvial de fertilizantes, pesticidas e despejos de efluentes domésticos de humanos e/ou de animais (KLEIN; AGNE, 2012).

As fontes de lançamento de poluentes geram determinado grau de poluição no corpo hídrico receptor, que é quantificado através da análise das características físicas, químicas e biológicas e que, por sua vez, são identificadas a partir das variáveis de qualidade das águas (BARROS, 2008).

O Nitrogênio é considerado um elemento relevante no processo de geração e controle da poluição das águas. Essa importância se deve ao fato de ser um componente vital para o crescimento dos seres vivos, atuar como fertilizante ao utilizá-lo para a irrigação, por consumir o oxigênio dissolvido no corpo hídrico através do processo de nitrificação, ser tóxico aos peixes ao apresentar-se sob a forma de amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) e estar associado a doenças como a metemoglobinemia quando encontrado na forma de nitrato (VON SPERLING, 2007).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2009), o Fósforo constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos e também é considerado um macronutriente, por ser consumido em grandes quantidades pelas células. Devido a isto, torna-se um parâmetro indispensável na caracterização de efluentes em que se pretende realizar um tratamento através de um processo biológico, pois o seu excesso conduz a processos de eutrofização.

O Nitrogênio e o Fósforo são os principais nutrientes relacionados ao desenvolvimento de algas e cianobactérias, sendo que, normalmente a quantidade desses elementos constitui o fator limitante de suas taxas de crescimento (FREITAS, 2013). Outros elementos associados à eutrofização estão relacionados ao ciclo da matéria orgânica, aumento da biomassa de algas, macrófitas aquáticas e ao acúmulo de sedimentos, elevando a produtividade do meio e reduzindo a qualidade da água (MAIA, 2011).

O processo de eutrofização pode ocorrer de forma natural ou ser induzido pela ação do homem. A ocorrência natural da eutrofização resulta de um processo lento e contínuo, decorrente do acúmulo de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que escoam e erodem a superfície terrestre, contribuindo para o envelhecimento natural do lago (MENDES; ALMEIDA, 2008).

O Índice de Estado Trófico (IET) consiste em um indicador que objetiva classificar os corpos d'água conforme o seu grau de trofia, isto é, avaliar a qualidade, disponibilidade e o efeito do aporte de nutrientes encontrados na água e que são responsáveis pelo crescimento excessivo das algas ou de macrófitas aquáticas no meio (MARANHO, 2012). O mesmo é utilizado para acompanhar esse fenômeno em monitoramentos de qualidade de água de determinados recursos hídricos. Este Índice envolve três variáveis: clorofila *a*, transparência (disco de Secchi) e Fósforo Total, que determinam, de forma independente, a biomassa algal. Os lagos podem apresentar variações de classificação ao longo do tempo, tanto para classes de maior trofia, como para classes de menor trofia. Porém, essa classificação deve comparar os resultados obtidos com padrões de qualidade já existentes, como legislações ou publicações científicas (LAMPARELLI, 2004).

No Brasil, o enquadramento e a classificação dos corpos de águas doces superficiais são atribuídos de acordo com os limites de concentração de uma série parâmetros estipulados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esse enquadramento é realizado a partir da qualidade conferida à água para os seus usos e destinação. Para cada tipo de classe deverão ser alcançados ou mantidos padrões e condições específicas. Os corpos de água doce podem ser enquadrados em 5 classes de qualidade diferentes (LARENTIS, 2004).

Nesse sentido, um dos objetivos do estudo foi o de avaliar e comparar os parâmetros de Fósforo Total (PT) aos limites de concentração determinados na Resolução do CONAMA 357/2005, de acordo com o padrão de enquadramento e classificação dos corpos de águas doces superficiais.

Como objetivo principal, têm-se a avaliação e classificação do índice de trofia do lago, obtida através da aplicação dos resultados referentes às análises de Fósforo



Total na equação proposta pelo Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983).

O estudo foi estruturado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta os objetivos propostos; o capítulo 3 contém a descrição do referencial teórico utilizado para o embasamento do estudo sobre as causas, efeitos e métodos de avaliação da eutrofização em recursos hídricos; o capítulo 4 descreve a metodologia utilizada para atender aos objetivos apresentados; o capítulo 5 apresenta os resultados obtidos e o capítulo 6 a conclusão do estudo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Monitorar o índice de eutrofização do lago existente no Centro Universitário UNIVATES, através do Índice de Estado Trófico – IET no período de julho a outubro.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Relacionar dados de precipitações ocorridas no período de coleta de dados.
- Avaliar áreas circunvizinhas e sua capacidade de aporte de nutrientes (N e P) ao reservatório.
- Enquadrar o recurso hídrico, de acordo com o Índice de Estado Trófico – IET.
- Correlacionar os parâmetros de Fósforo Total analisando a classe de enquadramento da água, conforme a Resolução CONAMA 357/2005.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Junior (2011), para compreender o equilíbrio dos processos físicos, químicos e biológicos, assim como o modo com que se relacionam e sua interdependência, deve-se levar em consideração determinados princípios ecológicos básicos, relevantes a qualquer estudo referente a qualidade da água. A **Tabela 1** relaciona os princípios destacados pelo autor.

**Tabela 1** - Princípios ecológicos das relações entre organismos e o ambiente

Princípios	Relações entre organismos x ambientes
<b>Primeiro</b>	- Relação dos organismos vivos (Produtores, consumidores e decompositores) entre si e com o ambiente, estabelecidas por fluxos de matéria (Matéria orgânica ou detritos e matéria inorgânica) e de energia (Sol) através de cadeias tróficas.
<b>Segundo</b>	- Ciclo biogeoquímico dos elementos por meio da transferência sucessiva de substâncias químicas dos organismos para o ambiente e que depois retornam novamente a eles.
<b>Terceiro</b>	- As transformações de energia obedecem às Leis da Termodinâmica: 1ª Lei – a transformação não é 100% eficiente, apresentando dispersão sob a forma de calor; 2ª Lei - a energia não se cria e nem se destrói, apenas se transforma.
<b>Quarto</b>	- Energia proveniente do Sol de maneira direta, através da fotossíntese, para transferência de energia através da cadeia trófica predatória; - Transferências de energia de forma indireta, por meio da decomposição, para transferência de energia através da cadeia trófica de detritos.
<b>Quinto</b>	- Cargas artificiais lançadas nos ecossistemas são incorporadas aos ciclos biogeoquímicos dos elementos naturais, trazendo consequências prejudiciais para o ecossistema.

Adaptado de Junior (2011).

Além dos princípios citados, outra definição importante se refere à produtividade primária, que trata-se da taxa de conversão da energia solar em substâncias orgânicas pelos organismos fotossintetizantes por unidade de área e/ou tempo, expressa em unidade de energia ( $J/m^2.dia$ ) ou matéria ( $kg/ha.ano$ ) (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Ainda segundo Calijuri e Cunha (2013), a produtividade primária pode ser subdividida em bruta e líquida. A produtividade bruta consiste na fixação total de energia, através da fotossíntese, sob a forma de biomassa, quantidade de matéria viva existente em um ecossistema. Sendo que, uma parte é utilizada na respiração, crescimento, reprodução e outras funções básicas dos organismos produtores e o restante fica armazenado em sua biomassa, disponível como alimento aos consumidores, e que corresponde a produtividade primária líquida.

### **3.1 Fontes de poluição hídrica**

Caracteriza-se como poluição da água qualquer alteração de suas características estéticas, fisiológicas ou ecológicas, sejam por ações ou interferências naturais ou antrópicas (BRAGA et al., 2005).

A contribuição dos poluentes que chegam aos recursos hídricos é basicamente transportada pelos componentes do ciclo hidrológico, dos quais podemos destacar o escoamento superficial e a infiltração (CALIJURI, CUNHA, 2013; BEM, BRAGA, AZEVEDO, 2013). O escoamento superficial consiste no deslocamento da água precipitada da atmosfera sobre o terreno, através da ação da gravidade, e que não é infiltrada no solo. Já a infiltração está relacionada à água que atinge o subsolo, responsável pela formação e recarga dos lençóis de águas subterrâneas que abastecem as nascentes d'água (BRASIL, 2007).

O processo de urbanização causa diversos impactos ao meio ambiente, interferindo diretamente na qualidade e na quantidade de água em um ambiente aquático. Com a impermeabilização do solo, decorrente das construções de casas, prédios e asfaltamento de ruas, há uma diminuição das zonas permeáveis, responsáveis por recarregar os aquíferos, a partir do processo de infiltração da água no solo (ANA, 2009).

Ainda segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2009), como consequência da redução dos locais de infiltração, estimula-se o escoamento superficial, que pode apresentar uma maior velocidade e volume, em direção às partes mais baixas do relevo. O maior escoamento superficial pode acarretar em uma redução do volume de água para a recarga dos aquíferos, erosão dos solos, enchentes e o assoreamento dos recursos hídricos.

A modificação da cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica, por si só, já pode ser considerada como fonte de poluição, pois exerce influência na resposta da bacia às precipitações pluviométricas, alterando seu comportamento hidrológico. Em decorrência destas mudanças, a cobertura natural do solo da bacia pode apresentar variação do balanço hídrico vertical e horizontal, perda da vegetação ripária, elevação da temperatura de escoamento superficial, além do aumento da produção de sedimentos. Além disso, a modificação das características físicas do leito de um rio, alteram a qualidade da água, a montante e a jusante de um barramento (LARENTIS, 2004).

Em regiões tropicais, a retirada da cobertura vegetal, seja ela viva ou morta, deixa o solo desprotegido, causando o aquecimento do ambiente e reduzindo a retirada de calor do ar, devido à falta de água em circulação na atmosfera. Além disso, expõe o solo ao impacto decorrente das precipitações. As chuvas tropicais provocam a compactação da superfície do solo, formando crostas superficiais, que diminuem a infiltração de água, dificultando ou impossibilitando a recarga do lençol freático, responsável por alimentar as nascentes, os poços e a vegetação. Ao desprover o solo da vegetação ou da proteção contra o adensamento, o mesmo deixa de ter sua função original. Com isso, o solo acaba perdendo a sua capacidade de suporte biológico, o seu potencial de produção vegetal e de resposta à insumos (PRIMAVESI; ARZABE; PEDREIRA, 2007).

A água, ao ser impedida de se infiltrar no solo, é perdida através do escoamento superficial e pode, de forma temporária, encher açudes e reservatórios além de sua capacidade. Esse escoamento em excesso pode causar inundações à jusante dos reservatórios. A impermeabilização da superfície do solo e o consequente aumento do fluxo de água, provoca um incremento nos picos de vazão no período das chuvas e diminuição da vazão no período seco. Tais implicações podem ocasionar o

assoreamento dos corpos de água, restringindo sua disponibilidade em açudes, represas, córregos e rios. Conforme a intensidade da erosão pode ocorrer um desgaste acelerado do solo, reduzindo sua capacidade de armazenamento e acumulação de água, especialmente em áreas com grande declividade (PRIMAVESI; ARZABE; PEDREIRA, 2007).

Conforme Larentis (2004), a qualidade das águas de uma bacia não recebe influência somente das modificações físicas e climáticas de seu desenvolvimento, mas também pela maneira em que o mesmo ocorre. A ocupação antrópica da bacia faz com que as cargas poluentes que chegam aos mananciais sejam determinadas pela distribuição espacial e intensidade de sua ocupação. Desta forma, o nível de poluição gerado está associado às configurações de uso e ocupação do solo.

A poluição dos recursos hídricos provém de processos naturais e de praticamente todas as atividades humanas. As cargas de poluentes oriundas das atividades antrópicas podem ser classificadas de acordo com a sua origem, ou seja, como doméstica, comercial ou industrial. Cada tipo de atividade produz poluentes específicos, que apresentam distintas implicações na qualidade do corpo receptor. A concentração de um determinado componente, assim como o tipo de meio e os usos das águas que o recebe, são fatores que determinam os impactos que o mesmo provocará no ambiente aquático (BARROS, 2008).

Os poluentes que atingem os recursos hídricos podem ser de natureza rural, urbana ou atmosférica (MANSOR, 2005). Esse aporte recebido pelos ambientes aquáticos podem prover de fontes pontuais e difusas (CALIJURI, CUNHA, 2013; BEM, BRAGA, AZEVEDO, 2013).

As cargas pontuais de poluição referem-se ao lançamento e descarga de efluentes, através de canalizações localizadas em pontos específicos, para as águas superficiais. Entre os principais efluentes oriundos de fontes pontuais podemos citar os de águas residuais domésticas e industriais, mais comumente encontradas em áreas urbanas (MANSOR, 2005).

Ao contrário das pontuais, as cargas difusas decorrem de áreas extensas e de formas aleatórias. Normalmente, elas estão associadas às precipitações

pluviométricas, onde o escoamento da água da chuva, em áreas urbanas ou agrícolas, carreiam os poluentes aos corpos de águas superficiais. Esse carreamento ocorre de forma intermitente, o que impossibilita o estabelecimento de padrões de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição. (BARROS, 2008; MANSOR, 2005).

As principais entradas de nutrientes de áreas urbanizadas no ecossistema aquático provém de descargas orgânicas de efluentes domésticos e/ou industriais e de drenagens pluviais. Essas descargas orgânicas podem estar vinculadas aos despejos de efluentes tratados ou não, a ligações clandestinas de esgotos em redes pluviais ou a águas percoladas de fossas sépticas. As atividades desenvolvidas em áreas agrícolas também contribuem significativamente na geração de cargas de nutrientes. A poluição dos recursos hídricos no ambiente rural ocorre por meio da drenagem superficial de fertilizantes, pesticidas e despejos de efluentes domésticos e/ou de animais (KLEIN; AGNE, 2012).

Conforme Silva (2015), o esgoto doméstico, gerado em banheiros e lavatórios de residências ou instituições, é composto por matéria orgânica, coliformes termotolerantes e Nitrogênio, derivados das fezes e urina, diluídos em um grande volume de água pelas descargas, pias e banhos, assim como podem conter produtos químicos e/ou de lavagem dos sanitários, pisos e áreas externas. Ainda, a autora salienta que neste tipo de esgoto podem ocorrer muitas variações na concentração de matéria orgânica e de sólidos, tanto em decorrência da frequência de utilização dos sanitários e lavatórios pelas pessoas, quanto pelos hábitos de cada indivíduo, assim como pela quantidade de produtos utilizados na higienização e lavagem dos ambientes.

De acordo com Franzen (2009), ambas as formas de poluição (fontes pontuais) ou drenagem de áreas urbanas e agrícolas (fontes difusas), apresentam em sua composição grandes quantidades de Fósforo (P) e de Nitrogênio (N). Nas áreas agrícolas e urbanas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados e/ou deficientes de um sistema de limpeza pública, contribui significativamente para o aporte de Fosfato e Nitrogênio em recursos hídricos, sendo consideradas fontes difusas de difícil controle e caracterização (CETESB, 2009).

Conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009), a atmosfera também é considerada como uma importante fonte de poluição. A poluição hídrica a partir de componentes atmosféricos ocorre devido ao processo de biofixação. Esse processo é desempenhado por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, responsáveis por incorporar e acumular o Nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo com a presença de Nitrogênio orgânico nas águas.

Recursos hídricos localizados próximos a rodovias e em regiões de intensa poluição atmosférica também recebem um aporte adicional de fosfato e Nitrogênio decorrente do tráfego de veículos, principalmente em épocas chuvosas e de intensas precipitações, porém, podem apresentar variações de acordo com a região e as suas condições meteorológicas (ESTEVES, 1998).

As fontes de lançamento de poluentes geram determinado grau de poluição no corpo hídrico receptor, que é quantificado através da análise das características físicas, químicas e biológicas e que, por sua vez, são identificadas a partir das variáveis de qualidade das águas (BARROS, 2008).

### **3.2 Lagos e reservatórios**

Os lagos e reservatórios são caracterizados por possuírem um caráter lântico, apresentando uma velocidade reduzida da água, com diminuição do fluxo e favorecimento da origem de mecanismos que não ocorrem em ambientes turbulentos. Porém, diferenciam-se entre si, principalmente em função dos fatores de tempo, processos físicos, químicos e biológicos (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Geralmente, os lagos são originados naturalmente, a partir do acúmulo de água em deformações geradas na crosta terrestre devido a movimentações das placas tectônicas, entre outras, originados há milhares de anos, conforme uma escala geológica de tempo. Por sua vez, os reservatórios são enquadrados como sistemas aquáticos artificiais, construídos pelo homem para armazenar água, utilizando-a para fins diversos, além de serem considerados mais recentes, de acordo com a escala temporal antrópica (CALIJURI; CUNHA, 2013).



A forma com que é realizada a distribuição da água que entra nos lagos e em reservatórios também apresenta diferença significativa. A distribuição da água afluyente em lagos pode ocorrer de maneira uniforme ao longo de seu perímetro, através de rios e riachos que os alimentam. Já nos reservatórios a maior parte do volume de água é recebido por um ou dois tributários principais. Estas características, associadas às diferentes bacias de contribuição, determinam o desenvolvimento de processos químicos, físicos e biológicos em magnitudes e com respostas diferenciadas em lagos e reservatórios (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Em determinadas épocas do ano, os lagos podem apresentar variações entre a temperatura encontrada nas camadas superficiais e nas profundas, processo este conhecido como estratificação térmica. Isto ocorre pois a rápida absorção da radiação solar realizada logo abaixo da superfície é praticamente nula a um metro de profundidade. A estratificação térmica em um reservatório é considerada importante devido ao fato da temperatura exercer influência sobre todos os processos químicos e biológicos ocorridos em um lago (BRAGA et al., 2005).

O perfil vertical de temperatura no lago tende a se dividir em três camadas distintas com diferentes temperaturas. A camada superior, denominada epilímnio, é considerada mais quente e turbulenta, porém é menos densa. A camada intermediária é chamada de metalímnio, denominada também como termoclina, um plano imaginário que passa pelo ponto máximo de gradiente no perfil vertical de temperatura. Já a camada inferior, o hipolímnio, encontra-se no fundo do lago, apresentando um menor nível de turbulência, assim como baixa temperatura e menor densidade. Essa estratificação ocorre devido às diferenças de densidade entre as camadas de água. Sendo que, a sua estabilidade só poderá ser quebrada através de forças externas, como o vento, que contenham energia suficiente para efetuar a mistura da massa líquida (BRAGA et al., 2005).

Conforme Braga et al. (2005), entre os principais fatores que interferem no processo de mistura das águas em reservatórios e lagos, destacam-se as transferências de calor pela interface ar-água, a mistura advectiva gerada pela movimentação das vazões de entrada e saída e a mistura provocada pela turbulência induzida pelo vento. Neste, a transferência de calor é normalmente controlada por processos meteorológicos e as misturas induzidas por processos hidrodinâmicos.

### 3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Define-se como potencial hidrogeniônico (pH), o negativo do logaritmo na base 10 da concentração dos íons hidrogênio, a qual varia entre 0 e 14, do limite ácido ao limite alcalino, sendo adotado o valor 7 para caracterizar a condição neutra. Normalmente, o pH da maioria das águas naturais encontra-se entre 6,0 e 8,5, embora possam ocorrer valores mais baixos em águas com alto conteúdo orgânico diluído. Já em esgotos sanitários, o pH encontra-se na faixa de 6,5 a 7,5 (LOPES et al., 2014).

O pH é considerado um parâmetro importante em estudos na área de saneamento ambiental pelo fato de exercer influência em diversos equilíbrios químicos de ocorrência natural ou em processos de tratamento de águas (CETESB, 2009).

Nos ecossistemas aquáticos naturais, o pH interfere diretamente sobre os aspectos fisiológicos de diversas espécies e indiretamente por contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, entre eles, os metais pesados. Por este motivo, são determinadas faixas de pH para as diferentes classes de águas. Para proteção à vida aquática, o pH deve estar entre 6 e 9 (CETESB, 2009).

### 3.4 Nutriente limitante

O nutriente limitante é aquele considerado essencial e que limita o crescimento de determinada população, cuja concentração é a mais próxima da mínima relativa à necessidade do organismo (VON SPERLING, 2005).

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), o conceito de nutriente limitante está relacionado à Lei de Liebig do “mínimo”, em que a falta de um ou mais nutrientes inviabiliza a elaboração de uma nova biomassa a partir de plantas aquáticas.

Qualquer condição do meio que se aproxime dos limites de tolerância de um organismo, ou mesmo os ultrapasse, é considerada uma condição ou um fator limitante, não somente pela falta, mas também pelo excesso de substâncias necessárias (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Cada espécie apresenta uma curva característica de fator limitante para cada variável ambiental, macronutrientes, micronutrientes, temperatura, pH, salinidade, radiação solar, entre outras, em que os três pontos críticos caracterizam-se pelo limite mínimo de tolerância, concentração ótima e limite máximo de tolerância (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Em casos de baixas concentrações do nutriente limitante, têm-se um baixo crescimento populacional. Ao elevar a concentração do nutriente limitante, o crescimento populacional aumenta. Isto ocorre até o momento em que a concentração desse nutriente se torne tão elevada no meio, que um outro nutriente passa a ser considerado o fator limitante, por não possuir concentrações suficientes para suprir a elevada demanda da grande população (VON SPERLING, 2005).

Ainda, conforme Von Sperling (2005), a partir do momento em que o novo nutriente passa a ser o limitante e ocorra um aumento na concentração do nutriente inicial, a população não crescerá, pois já apresenta limitação devido à insuficiência do atual nutriente limitante.

### 3.4.1 Nitrogênio

O Nitrogênio é considerado um elemento relevante no processo de geração e controle da poluição das águas. Essa importância se deve ao fato de ser um componente vital para o crescimento dos seres vivos, atuar como fertilizante ao utilizá-lo para a irrigação, por consumir o oxigênio dissolvido no corpo hídrico através do processo de nitrificação, ser tóxico aos peixes ao apresentar-se sob a forma de amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) e estar associado a doenças como a metemoglobinemia quando encontrado na forma de nitrato (VON SPERLING, 2007).

O processo de nitrificação corresponde à oxidação biológica da amônia em meio aeróbio. Nesse processo, a amônia é convertida a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por um grupo de bactérias conhecidas por *Nitrossomonas* e, posteriormente, a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por outro grupo denominado *Nitrobacter*. Já o processo de desnitrificação, ou seja, de redução biológica, no qual o nitrato é reduzido a Nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) e liberado para a atmosfera, ocorre em meio anóxico, na ausência de oxigênio (PIVELI, 2001).

O Nitrogênio orgânico incorporado ao tecido de uma planta pode ser assimilado pelos tecidos animais através do processo nutricional destes. A morte, seguida da decomposição, tanto de animais como de vegetais e, principalmente, as transformações pelas quais os compostos orgânicos presentes nos esgotos sofrem, levam à formação de Nitrogênio amoniacal nas águas, sob a forma de amônia gasosa ( $\text{NH}_3$ ) ou íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (PIVELI, 2001).

Ainda, conforme Von Sperling (2007), a determinação da forma de ocorrência do Nitrogênio a montante de um recurso hídrico pode indicar o estágio de sua poluição, proveniente de algum lançamento de esgotos. Se a poluição for recente ou próxima, o Nitrogênio irá apresentar-se na forma orgânica ou como amônia (formas reduzidas), caso seja encontrado como nitrito ou nitrato indicará uma poluição mais antiga ou distante. Na **Tabela 2** podem ser observadas as formas de apresentação do Nitrogênio nas águas a partir da contribuição de esgotos em diferentes condições.

**Tabela 2** - Distribuição das formas de Nitrogênio a partir da contribuição de esgotos em diferentes condições

<b>Contribuição</b>	<b>Forma predominante do Nitrogênio</b>
Esgoto bruto	Nitrogênio orgânico Amônia
Poluição recente em um curso d'água	Nitrogênio orgânico Amônia
Estágio intermediário da poluição em um curso d'água	Nitrogênio orgânico Amônia Nitrito (em menores concentrações) Nitrato
Poluição remota em um curso d'água	Nitrato
Efluente de tratamento sem nitrificação	Nitrogênio orgânico (em menores concentrações) Amônia
Efluente de tratamento com nitrificação	Nitrato
Efluente de tratamento com nitrificação / desnitrificação	Concentrações mais reduzidas de todas as formas de Nitrogênio

Fonte: Von Sperling (2007).

De acordo com Piveli (2001), nas zonas de autodepuração natural em rios, tem-se a presença de Nitrogênio orgânico na zona de degradação, de amoniacal na zona de decomposição ativa, de nitrito na zona de recuperação e de nitrato na zona de águas limpas.

Normalmente, são encontrados nos efluentes domésticos brutos o Nitrogênio orgânico e a amônia. Estes componentes são determinados, de forma conjunta, pelo método Kjeldahl, denominado como Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK). A determinação de Nitrogênio Total é resultante da combinação do NTK (orgânico + amônia), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (VON SPERLING, 2007).

### **3.4.2 Fósforo**

Segundo a CETESB (2009), o Fósforo constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos e também é considerado um macronutriente, por ser consumido em grandes quantidades pelas células. Devido a isso, torna-se um parâmetro indispensável na caracterização de efluentes em que se pretende realizar um tratamento através de um processo biológico, pois o seu excesso conduz a processos de eutrofização.

A contribuição de Fósforo em ecossistemas aquáticos atribuída ao processo natural de drenagem pluvial é caracterizada pelo carreamento e dissolução de elementos pela água da chuva, podendo ser oriundos da decomposição de rochas, compostos do solo e da degradação da matéria orgânica ou celular dos microrganismos. Outra forma de ocorrência do Fósforo atribui-se aos processos antropogênicos, como o despejo de esgotos domésticos, constituído de matéria orgânica de origem fecal e detergentes; efluentes industriais e de águas drenadas de áreas urbanas e agrícolas, podendo conter fertilizantes e pesticidas (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Ainda, conforme Parron, Muniz e Pereira (2011), o Fósforo pode ser encontrado na forma orgânica, como matéria dissolvida e particulada na biomassa, e inorgânica, como fração solúvel (sais dissolvidos de Fósforo) e insolúvel (minerais de difícil solubilização, como o fosfato de cálcio) e constitui um importante indicador da qualidade da água.

O estudo do comportamento do Fósforo na coluna da água e a dinâmica da sua ressuspensão a partir de ações físicas, químicas e biológicas são importantes para definir mecanismos de controle de poluição e os danos decorrentes do lançamento desse nutriente no ambiente aquático (VEIGA, 2010).

Normalmente, o Fósforo está presente nas águas sob a forma de fosfato solúvel, composto por fosfatos orgânicos, ortofosfatos ou fosfatos condensados (pirometafosfatos e polifosfatos) (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Os fosfatos orgânicos correspondem ao Fósforo que compõe as moléculas orgânicas presentes nos organismos e seus detritos, responsáveis por estimular o crescimento de micro e macro organismos aquáticos fotossintéticos. Os ortofosfatos, representados pelos radicais  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ , caracterizam-se por combinarem com cátions para formarem os sais inorgânicos nas águas. Já os polifosfatos ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos, não são considerados relevantes nos estudos de controle de qualidade das águas, pois sofrem hidrólise, convertendo-se logo em seguida em ortofosfatos (PARRON, MUNIZ, PEREIRA, 2011; CETESB, 2009). A **Tabela 3** relaciona, segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), o limite de concentração máxima de Fósforo Total, conforme o tipo de ambiente e classe de enquadramento.

**Tabela 3** - Limite de Fósforo Total para cada classe de enquadramento

Parâmetros	Concentrações máximas (mg/L)			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Fósforo Total (ambiente lântico)	0,020	0,030	0,050	> 0,050
Fósforo Total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025	0,050	0,075	> 0,075
Fósforo Total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1	0,1	0,15	> 0,15

> = Maiores que.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005).

### 3.5 Eutrofização

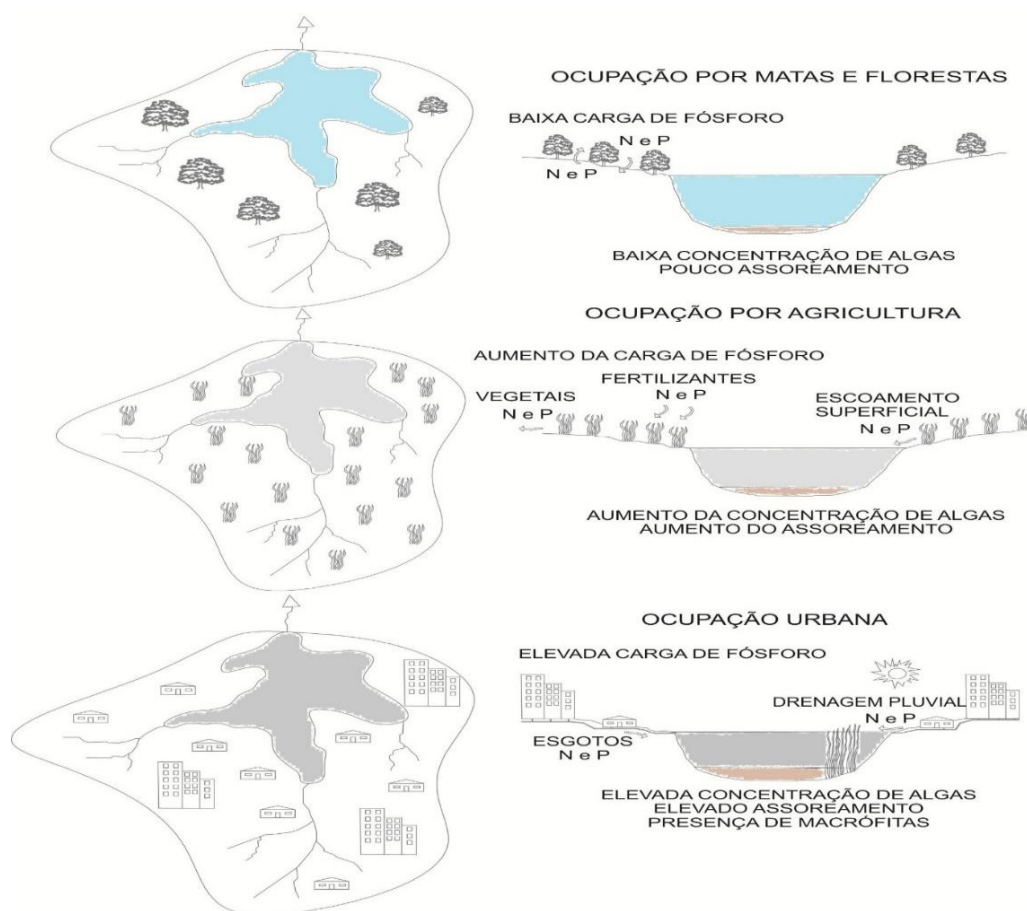
Entre os principais impactos à qualidade das águas pode-se citar a eutrofização, fenômeno percebido principalmente em ambientes lênticos, que resulta do aumento excessivo da carga de nutrientes, como Fósforo e Nitrogênio, contribuindo para o desenvolvimento de fitoplâncton, floração de organismos fotossintéticos e macrófitas aquáticas, em níveis acima do normal (BEM; BRAGA; AZEVEDO, 2013).

O Nitrogênio e o Fósforo são os principais nutrientes relacionados ao desenvolvimento de algas e cianobactérias, sendo que, normalmente a quantidade desses elementos constitui o fator limitante de suas taxas de crescimento (FREITAS, 2013). Outros elementos associados à eutrofização estão relacionados ao ciclo da matéria orgânica, aumento da biomassa de algas, macrófitas aquáticas e ao acúmulo de sedimentos, elevando a produtividade do meio e reduzindo a qualidade da água (MAIA, 2011).

O processo de eutrofização pode ocorrer de forma natural ou ser induzido pela ação do homem. A ocorrência natural da eutrofização resulta de um processo lento e contínuo, decorrente do acúmulo de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que escoam e erodem a superfície terrestre, contribuindo para o “envelhecimento natural” do lago (MENDES; ALMEIDA, 2008).

Na **Figura 1** pode-se observar o processo de eutrofização e as principais fontes de contribuição de nutrientes em um lago ou reservatório. Os processos e as fontes mais comuns estão representados separadamente, conforme o tipo de ocupação, onde também se encontram descritas as consequências de cada um no recurso hídrico.

**Figura 1** - Evolução do processo de eutrofização em lago ou represa



Fonte: Von Sperling (2005).

De acordo com Mendes e Almeida (2008), ao ser induzida pelo homem, a eutrofização é denominada como artificial, cultural ou antrópica, sendo considerada uma forma de poluição devido às inúmeras alterações provocadas dentro do ecossistema aquático.

Para Klein e Agne (2012), estas altas concentrações de nutrientes são consideradas responsáveis pela diminuição da diversidade biológica, principalmente de peixes, pois estimulam o crescimento excessivo de algumas populações de algas e plantas, seguido por períodos de alto consumo de oxigênio, promovendo o desequilíbrio do ecossistema aquático.



Por tratar-se de um processo dinâmico, a eutrofização artificial promove profundas alterações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, tanto nas condições físicas e químicas do meio, como no nível de produção do sistema. Ainda, este processo é considerado uma reação em cadeia, com evidentes causas e efeitos, e que, como característica principal, diminui a estabilidade do ecossistema, ou seja, promovendo o desequilíbrio existente entre a produção de matéria orgânica, o seu consumo e decomposição em ecossistemas aquáticos. Ao romper o seu estado de equilíbrio, o ecossistema passa a gerar mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor, alterando assim o seu metabolismo (ESTEVES, 1998).

No que diz respeito à concentração de nutrientes, pode-se perceber que durante o processo de eutrofização artificial há um aumento na concentração de quase todos os elementos químicos fundamentais à produtividade primária. Esse aumento na concentração dos nutrientes varia e depende do tipo de interferência à qual o sistema está submetido (ESTEVES, 1998).

Entre os fatores que influenciam e condicionam o processo de eutrofização, além das concentrações de Fósforo e Nitrogênio associadas à utilização inadequada dos recursos hídricos e de seus arredores, podem ser citados a velocidade, a turbidez e a temperatura da água, assim como a geografia do entorno, a profundidade do curso de água, a incidência e o grau de penetração da radiação solar, a magnitude e o tipo de nutriente, entre outras particularidades de movimento, transporte e dispersão no ecossistema aquático (BARROS, 2008; NAVAL, SILVA, SOUZA, 2004; BEM, 2009).

A eutrofização em lagos e reservatórios ocorre devido à presença de condições favoráveis ao seu desenvolvimento (FRANZEN, 2009). Isto normalmente acontece quando a água é submetida a um longo tempo de residência, possibilitando a ocorrência de relações químicas e biológicas que, combinadas com a disponibilidade de nutrientes provenientes do lançamento de efluentes, aceleram o andamento do processo em seu interior (SOUZA; SOUZA; PAULINO, 2007). A partir das relações químicas e biológicas, desenvolve-se um desequilíbrio trófico, no qual a trofia é considerada uma reserva de nutrientes para os produtores primários, a base da cadeia alimentar (BAUMGARTEN; PAIXÃO, 2013).

Conforme Baumgarten e Paixão (2013), as florações, alterações na coloração das águas devido ao crescimento excessivo de algas, geralmente possuem um ciclo de vida curto e, ao passarem pelo processo de envelhecimento natural a nível celular, decantam e aumentam o volume de matéria orgânica a ser depositada e decomposta no fundo da coluna d'água. A decomposição desta matéria orgânica, por sua vez, é realizada pelos microrganismos heterotróficos, que demandam alto consumo de oxigênio via respiração, fazendo com que a oxigenação na água diminua, ocasionando uma anóxia parcial ou total com formação de compostos reduzidos e tóxicos, como sulfetos, metano e amoníaco que, sob a forma de bolhas, emergem e conferem um odor desagradável ao ambiente.

Segundo Franzen (2009), para realizar a determinação das características do ambiente aquático e a de seus habitantes, as dimensões físicas do lago, seja ele natural ou artificial, e os fatores meteorológicos deverão ser considerados, pois interagem fortemente entre si. As interações entre os processos físicos e hidrodinâmicos determinam como as substâncias serão conduzidas e distribuídas dentro do corpo hídrico. Sendo que os aspectos hidrodinâmicos podem ser decisivos para a resposta ecológica do sistema. Além disso, um ecossistema que apresenta pouca renovação da água será mais suscetível à eutrofização, que só poderá ser controlada através da redução de entrada de nutrientes ou da alteração dos processos internos do lago, como sombreamento, aeração, entre outras medidas preventivas e/ou corretivas.

A avaliação e o monitoramento do processo de eutrofização em ecossistemas aquáticos fazem-se necessárias para evitar que ocorra uma alta taxa de produtividade primária de macrófitas aquáticas ou fitoplâncton, especialmente nos reservatórios que são utilizados para o abastecimento de água ou localizados em ambientes urbanos. Principalmente devido à possibilidade de ocorrência de mau cheiro, contribuição para a proliferação de mosquitos, desencadear a mortandade de peixes, florações de algas tóxicas, além de outras alterações no ecossistema capazes de comprometer seriamente a qualidade da água e algumas de suas utilizações, tais como o abastecimento doméstico e a recreação (ANGELINI, BINI, STARLING, 2008; ANA, 2013).

A mensuração do processo de eutrofização é realizada através do Índice de Estado Trófico (IET), que avalia o grau de trofia do ambiente a partir da análise de uma ou mais variáveis, resumindo-as a um número, possibilitando que seja feita a verificação de sua evolução no tempo e no espaço (OLIVEIRA; CABRAL; NOGUEIRA, 2013).

### **3.6 Índice de Estado Trófico (IET)**

O Índice de Estado Trófico (IET) tem o objetivo de classificar os corpos d'água conforme o seu grau de trofia, isto é, avaliar a qualidade, disponibilidade e o efeito do aporte de nutrientes encontrados na água e que são responsáveis pelo crescimento excessivo das algas ou de macrófitas aquáticas no meio (MARANHO, 2012).

As variações ambientais interferem sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, podendo induzi-lo a alterações no decorrer do ano, ressaltando a importância de se levar em consideração o contexto hidrológico do ano ao serem analisados os indicadores do IET (MARANHO, 2012).

Com o objetivo de acompanhar esse fenômeno, o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) é utilizado em monitoramentos de qualidade de água de determinados recursos hídricos. O Índice envolve três variáveis: Clorofila  $\alpha$ , Transparência (disco de Secchi) e Fósforo Total, que determinam, de forma independente, a biomassa algal. O conceito original de eutrofização é considerado progressivo e inexorável, porém este é um índice dinâmico, no qual os lagos podem apresentar variações de classificação ao longo do tempo, tanto para classes de maior trofia, como para classes de menor trofia (LAMPARELLI, 2004).

As variáveis envolvidas no cálculo do Índice de Estado Trófico podem ser avaliadas individualmente. Indicadores de Transparência, muitas vezes não são representativos para o estado de trofia, pois normalmente apresentam elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos. Assim como o indicador de Clorofila  $\alpha$ , que por ser considerado uma medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador e indicar o nível de crescimento de algas em suas águas, não encontra-se diretamente associado às causas da eutrofização (SANTOS, 2012).

Os resultados referentes ao Fósforo devem ser compreendidos como uma medida do potencial de eutrofização. Este nutriente atua como agente causador do processo, neste caso os resultados encontrados a partir da aplicação do IET não mensuram diretamente a eutrofização, apenas indicam o potencial e a condição de eutrofia do meio, classificando-os em diferentes classes de trofia (**Tabela 4**) (SANTOS, 2012; ANA, 2013).

**Tabela 4** - Caracterização trófica de lagos e reservatórios

Item	Classes de Trofia				
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Biomassa	Bastante baixa	Reduzida	Média	Alta	Bastante alta
Fração de algas azuis e/ou cianofíceas	Baixa	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa ou ausente	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Dinâmica de produção	Bastante baixa	Baixa	Média	Alta	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Frequentemente supersaturado	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Dinâmica de oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação à completa ausência	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	Variável	Alto	Bastante alto

Fonte: Von Sperling (2005).

Essa classificação é realizada de acordo com as concentrações das variáveis analisadas para as condições ambientais daquele período (**TABELA 5**), pois o indicador do estado trófico pode variar conforme as estações do ano e ou em diferentes lagos. Entretanto, ambientes classificados como eutróficos e hipereutróficos necessitam de uma maior atenção, pois quando associado à condições de altas temperaturas, baixa turbidez, alto tempo de residência da água e altos níveis de insolação, apresentam um potencial ainda maior de desenvolverem a eutrofização (ANA, 2013).

**Tabela 5** - Limites para diferentes níveis de estado trófico.

<b>Critério</b>	<b>Estado Trófico</b>	<b>Fósforo Total (mg/L)</b>
IET $\leq$ 24	Ultraoligotrófico	$\leq$ 0,006
24 < IET $\leq$ 44	Oligotrófico	0,007 – 0,026
44 < IET $\leq$ 54	Mesotrófico	0,027 – 0,052
54 < IET $\leq$ 74	Eutrófico	0,053 – 0,211
IET > 74	Hipereutrófico	> 0,211

Fonte: segundo o sistema de classificação proposto por Toledo apud Lamparelli (2004) para ambientes lênticos.

De acordo com Nogueira e Ramirez (1998) apud Araújo et al. (2014), dos critérios utilizados para avaliar o estado trófico, os mais eficazes são aqueles em que empregam-se os nutrientes, ou seja, os agentes causadores do processo de eutrofização, como o Fósforo, do que os que valem-se das manifestações biológicas ou dos efeitos do fenômeno, como a Clorofila  $\alpha$  e a Transparência. Por esta razão, no presente estudo, optou-se por analisar e calcular o IET com base no parâmetro Fósforo Total para ambientes lênticos.

### 3.6.1 Clorofila $\alpha$

A Clorofila  $\alpha$  é um pigmento fotossintético, encontrado em organismos fitoplânctônicos, utilizado como parâmetro de avaliação da biomassa algal, tanto para

caracterização de ambientes aquáticos quanto para monitoramento da qualidade da água (KURODA et al., 2010).

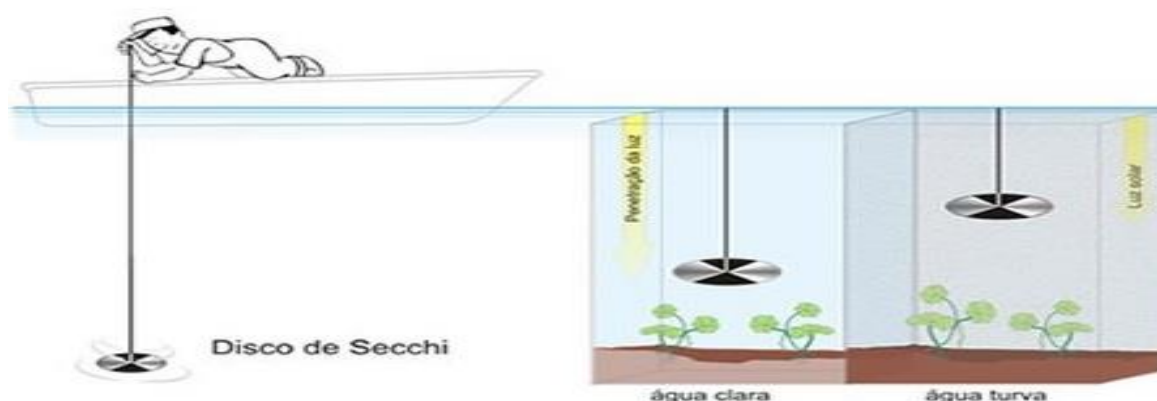
A determinação da concentração de Clorofila  $\alpha$  pode ser realizada pelo método espectrofotométrico monocromático. Porém as moléculas de clorofila não são consideradas estáveis, pois dependendo das condições do meio, como mudanças de pH, temperatura ou luminosidade excessiva, as mesmas podem ser degradadas, dando origem a feofitina  $\alpha$ , que pode interferir nos resultados. Essa interferência ocorre devido ao fato da feofitina absorver luz na mesma região do espectro que a clorofila (CETESB, 2014).

### 3.6.2 Transparência

Assim como a disponibilidade de nutrientes, a penetração de luz e a presença de material em suspensão na água também influencia a produtividade planctônica. A introdução da Transparência na indicação do estado trófico está vinculada a estudos que relacionam o aumento da densidade da biomassa fitoplanctônica com a diminuição da penetração de luz, através de um processo de sombreamento (LAMPARELLI, 2004).

A verificação da Transparência pode ser realizada a partir do disco de Secchi, que consiste em um disco circular branco ou com divisões em branco e preto e um cabo graduado, que é mergulhado na água até que não seja mais possível visualizá-lo (**FIGURA 2**). A profundidade na qual o disco desaparece é denominada de profundidade de Transparência. A partir da leitura no disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica, ou seja, a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, que propõe o nível da atividade fotossintética de lagos ou reservatórios (CETESB, 2009).

**Figura 2** - Verificação da Transparência a partir do disco de Secchi



Fonte: CMB Mineração e Meio Ambiente, 2015.

### 3.7 Avaliação do grau de trofia

As características dos corpos d'água variam e refletem as condições regionais, do ponto de vista climático, uso e ocupação do solo ou saneamento básico. Desta forma, serão apresentados alguns modelos simplificados utilizados na avaliação dos graus de trofia, bem como as suas especificidades quanto à aplicação, o tipo de ambiente, se lótico ou lêntico, lagos ou reservatórios, ou ao clima. Ainda, serão mencionados os limites que consideram se o ambiente está eutrofizado ou não, para nutrientes. Os resultados encontrados visam avaliar e auxiliar nas ações de gerenciamento dos corpos d'água (LAMPARELLI, 2004).

#### 3.7.1 Metodologias de classificação dos graus de trofia

Os resultados do monitoramento de ambientes devem ser apresentados de forma clara para a população através de classificações de acordo com a sua qualidade. Essa classificação deve comparar os resultados obtidos com padrões de qualidade já existentes, como legislações ou publicações científicas (LAMPARELLI, 2004).

Segundo Lamparelli (2004), encontram-se modelos para determinar as cargas afluentes de Fósforo em reservatórios consideradas toleráveis que consideram a profundidade média dos reservatórios, o tempo de residência, a taxa de saída de

Fósforo e a sua perda por sedimentação. Porém, para validar esses modelos necessita-se de uma avaliação da carga afluyente, que é altamente variável ao longo do tempo e difícil de ser quantificada, devido, principalmente, à contribuição de cargas difusas nas bacias hidrográficas. Estes modelos dispensam o estabelecimento dos limites numéricos de qualidade para as variáveis consideradas, como Fósforo Total, Clorofila  $\alpha$ , ou outra medida de eutrofização adotada.

### 3.7.1.1 Índice de Estado Trófico de Carlson

De acordo com Lamparelli (2004), ao utilizar um índice simplificado, como o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977), e realizar a determinação de limites para as variáveis avaliadas têm-se, através da utilização de parâmetros de simples determinação e baixo custo analítico, como Clorofila  $\alpha$ , Fósforo Total e dissolvido e Transparência, a vantagem e a possibilidade de aumentar a sua aplicação, além de apresentar uma melhor compreensão, se comparado ao resultado de um índice probabilístico. No entanto, para aplicá-lo, faz-se necessária uma avaliação cautelosa de sua composição.

Carlson (1997) propôs um Índice de Estado Trófico, desenvolvido para regiões temperadas, que utiliza uma transformação linear da Transparência pelo disco de Secchi, responsável por avaliar a concentração de biomassa algal. Por ser um índice relativamente simples e objetivo, considera-se um dos mais utilizados para a classificação da qualidade da água de lagos. Ainda, além da utilização dos dados de Transparência (EQUAÇÃO 1), o índice pode ser definido em função das concentrações de Fósforo (EQUAÇÃO 2) e Clorofila  $\alpha$  (EQUAÇÃO 3), encontradas a partir de amostras coletadas e analisadas do corpo hídrico. Através destas três variáveis pode-se estimar, de forma independente, a biomassa algal (FIA et al., 2009).

$$IET_T (\text{Transparência}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(\ln(S))}{\ln 2} \right] \quad (1)$$

$$IET_T (\text{Fósforo Total}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{\ln\left(\frac{48}{P}\right)}{\ln 2} \right] \quad (2)$$

$$IET_T (\text{Clorofila } \alpha) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(2,04 - 0,68 \ln(Cl))}{\ln 2} \right] \quad (3)$$



Na qual o S refere-se ao valor de Transparência expresso em metros (m), o P à concentração de Fósforo Total em mg/L e o Cl à concentração de Clorofila  $\alpha$  em mg/L.

### 3.7.1.2 Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (IET<sub>T</sub>)

Devido ao fato do Índice de Estado Trófico de Carlson (IET<sub>C</sub>) ter sido desenvolvido para regiões temperadas, Toledo Jr. et al. (1983) adaptaram uma nova metodologia para ecossistemas aquáticos de ambientes tropicais a partir modificações na metodologia de Carlson (EQUAÇÃO 4, 5 e 6). Através destas versões modificadas os autores puderam concluir que estas seriam mais adequadas para realizar a determinação do estado trófico, em comparação com às suas formas originais (FIA et al., 2009).

$$IET_T (\text{Transparência}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(0,64 + \ln(S))}{\ln 2} \right] \quad (4)$$

$$IET_T (\text{Fósforo Total}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{\ln\left(\frac{80,32}{P}\right)}{\ln 2} \right] \quad (5)$$

$$IET_T (\text{Clorofila } \alpha) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(2,04 - 0,695 \ln(Cl))}{\ln 2} \right] \quad (6)$$

Onde o S refere-se ao valor de Transparência expresso em metros (m), o P à concentração de Fósforo Total em  $\mu\text{g/L}$  e o Cl à concentração de Clorofila  $\alpha$  em  $\mu\text{g/L}$ .

### 3.7.1.3 Índice de Estado Trófico proposto por Lamparelli (IET<sub>L</sub>)

A metodologia proposta por Lamparelli (2004) apresentou novas classificações de trofia, assim como novos índices de estado trófico, tanto para ambientes lóticos quanto para lênticos. Estes novos índices mostraram uma maior coerência entre os índices calculados a partir de concentrações de Clorofila  $\alpha$  e de Fósforo Total. As equações sugeridas para os cálculos do Índice de estado trófico através da Transparência, Clorofila  $\alpha$  e Fósforo Total apresentam-se a seguir (EQUAÇÃO 7, 8 e 9).

$$IET_T (\text{Transparência}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(\ln(S))}{\ln 2} \right] \quad (7)$$

$$IET_T (\text{Fósforo Total}) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(1,77 - 0,42 \times \ln(PT))}{\ln 2} \right] \quad (8)$$

$$IET_T (\text{Clorofila } a) = 10 \times \left[ 6 - \frac{(0,92 - 0,64 \times \ln(Cl))}{\ln 2} \right] \quad (9)$$

Onde o S refere-se ao valor de Transparência expresso em metros (m), o PT refere-se a concentração de Fósforo Total em µg/L e Cl a concentração de Clorofila a em µg/L.

Os novos critérios de classificação apresentados por Lamparelli (2004) encontram-se na **Tabela 6**, o índice proposto pela autora permite uma maior gama de classificações, além de incluir uma nova classe, a supereutrófica.

**Tabela 6** - IET e equivalência com medidas de Fósforo Total segundo o critério de classificação proposto por Lamparelli (2004) para reservatórios

IET	Estado Trófico	Fósforo Total (mg/L)
IET ≤ 47	Ultraoligotrófico	≤ 0,008
47 < IET ≤ 52	Oligotrófico	0,008 < FT ≤ 0,019
52 < IET ≤ 59	Mesotrófico	0,019 < FT ≤ 0,052
59 < IET ≤ 63	Eutrófico	0,052 < FT ≤ 0,120
63 < IET ≤ 67	Supereutrófico	0,120 < FT ≤ 0,233
IET > 67	Hipereutrófico	> 0,233

Fonte: Lamparelli (2004).

Segundo Lamparelli (2004), a aplicação do novo índice não altera de forma significativa a distribuição das classificações, indicando que o índice de Carlson modificado por Toledo, aplicado pela CETESB, é pertinente à aplicação em reservatórios. Porém, a nova proposta apresenta uma maior sensibilidade, ampliando a abrangência das classificações tróficas.

### 3.8 Enquadramento das Classes de Qualidade da Água

No Brasil, o enquadramento e a classificação dos corpos de águas doces superficiais são atribuídos de acordo com os limites de concentração de uma série variáveis estipulados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esse enquadramento é realizado a partir da qualidade conferida à água para os seus usos e destinação. Para cada tipo de classe, deverão ser alcançados ou mantidos padrões e condições específicas. Os corpos de água doce podem ser enquadrados em 5 classes de qualidade diferentes (**Tabela 7**) (LARENTIS, 2004).

**Tabela 7** - Classes para corpos de águas doces

Classe	Destinação
<b>Classe Especial</b>	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
<b>Classe 1</b>	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 / 2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
<b>Classe 2</b>	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 / 2000; Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aquicultura e à atividade de pesca.
<b>Classe 3</b>	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário;

Classe	Destinação
	Dessedentação de animais.
<b>Classe 4</b>	Navegação; Harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

Os padrões de qualidade das águas estabelecem, para cada substância e em cada uma das classes, um conjunto de limites individuais, condições e padrões de qualidade a serem conferidos à mesma para que permaneça na classe em que está enquadrada. Na **Tabela 8**, verificam-se os limites de Fósforo Total e Nitrogênio amoniacal total para o enquadramento nas classes de águas 1, 2 e 3.

**Tabela 8** - Limites de Fósforo Total, pH e Nitrogênio amoniacal total para cada classe de enquadramento

Parâmetros	Concentrações máximas (mg/L)		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Fósforo Total (Ambiente lântico)	0,020	0,030	0,050
Fósforo Total (Ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025	0,050	0,075
Fósforo Total (Ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1	0,1	0,15
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Nitrogênio amoniacal total	3,7 (para pH ≤ 7,5) 2,0 (para 7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 (para 8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 (para pH > 8,5)	3,7 (para pH ≤ 7,5) 2,0 (para 7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 (para 8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 (para pH > 8,5)	13,3 (para pH ≤ 7,5) 5,6 (para 7,5 < pH ≤ 8,0) 2,2 (para 8,0 < pH ≤ 8,5) 1,0 (para pH > 8,5)

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

### 3.9 Caracterização do local de estudo

Á área de estudo encontra-se localizada dentro do campus do Centro Universitário UNIVATES. O Campus Sede da Univates, localiza-se na Rua Avelino Tallini, 171, no Bairro Universitário, município de Lajeado – RS. O município de Lajeado, por sua vez, está inserido na bacia hidrográfica Taquari-Antas.

De acordo com informações do Banco de Dados Regional da UNIVATES (VALE, 2015), disponibilizadas no site da instituição, a extensão total da instituição compreende uma área de 567.046,75 m<sup>2</sup>, na qual estão localizados 24 prédios, com área construída de 80.534,96 m<sup>2</sup>. Ainda, circulam pelo campus aproximadamente 16.919 pessoas, o que inclui alunos, professores e funcionários.

Conforme dados do setor de Gestão Ambiental da instituição, o lago, como é denominado, apresenta características e funções de um reservatório, apresentando uma configuração mista, uma lâmina d'água de 5.183,76 m<sup>2</sup> e um volume de água armazenada estimado em 20.730 m<sup>3</sup>. O setor também relatou que, há alguns anos atrás, o reservatório artificial, atualmente revitalizado, encontrava-se assoreado. Esse assoreamento ocorreu devido a um processo de sucessão ecológica e ao recebimento de areia, argila e outros componentes dos solos circunvizinhos.

A sucessão ecológica é considerada natural em ambientes aquáticos, porém, ocorre em um longo período de tempo. No caso do reservatório localizado no campus, esse processo desenvolveu-se em um curto período, o que acabou por reduzir muito a lâmina d'água e as populações de peixes que ali habitavam. Além disso, em suas margens, existem uma diversificada vegetação, além de espécies de animais silvestres e exóticos. Um dos fatores que pode ter contribuído para o assoreamento do reservatório, é a expansão urbana ao seu entorno e o grande fluxo de pessoas e veículos que circulam nos arredores.

Para que o ambiente assoreado fosse recuperado, foi encaminhado um pedido de autorização ao órgão ambiental e, posteriormente, desenvolvido um projeto de revitalização da área, envolvendo estudos paisagísticos e de engenharia. O projeto foi realizado em três etapas, a primeira foi a de desassoreamento, a segunda promoveu

a transformação da área em uma bacia de acumulação de água e a terceira, a integração paisagística do lago com as edificações do campus.

A primeira etapa, a de desassoreamento, promoveu a retirada da lama existente no fundo do reservatório, sendo que o material extraído foi encaminhado para recuperar uma área degradada pela extração de argila.

A segunda etapa do projeto transformou o reservatório em uma bacia de acumulação de água. Com base em um levantamento do histórico pluviométrico, foram projetadas as dimensões necessárias para que não haja risco de transbordamento do reservatório em dias de muita chuva. Visto que, o reservatório recebe grande aporte interno da água drenada no campus e da rede pluvial pública.

A terceira e última etapa, a de transformação paisagística, transformou o espaço em um local de uso coletivo, a partir da instalação de *decks*, bancos e pergolados, conforme visto na **Figura 3**.

**Figura 3** - Configuração paisagística atual do lago.



Fonte: Endereço eletrônico da UNIVATES.



os prédios 07 e 08; 03 do prédio 09; 01 do prédio 10; 01 do Centro Cultural e 01 entre os prédios 11 e 12.

As entradas de efluentes tratados da instituição encaminhados ao lago são provenientes de 03 canalizações, sendo elas a da estação de tratamento dos prédios 03 e 05; a do prédio 10 e a do Centro Cultural.

### **3.9.1 Bacia de drenagem**

A delimitação da bacia de drenagem refere-se à contribuição de água drenada internamente no campus e a de contribuição externa.

A contribuição interna do campus é caracterizada, principalmente, pelo escoamento de águas superficiais. Este escoamento decorre de precipitações pluviométricas direcionadas a canalização das redes pluviais de drenagem das edificações, ruas e acessos, presentes na bacia de drenagem. Outra contribuição está relacionada a efluentes oriundos dos sistemas de tratamento instalados na instituição.

A contribuição externa é constituída pela drenagem superficial proveniente de áreas próximas a instituição e dos sistemas de tratamento de efluentes residenciais das edificações circunvizinhas que escoam em direção ao reservatório.

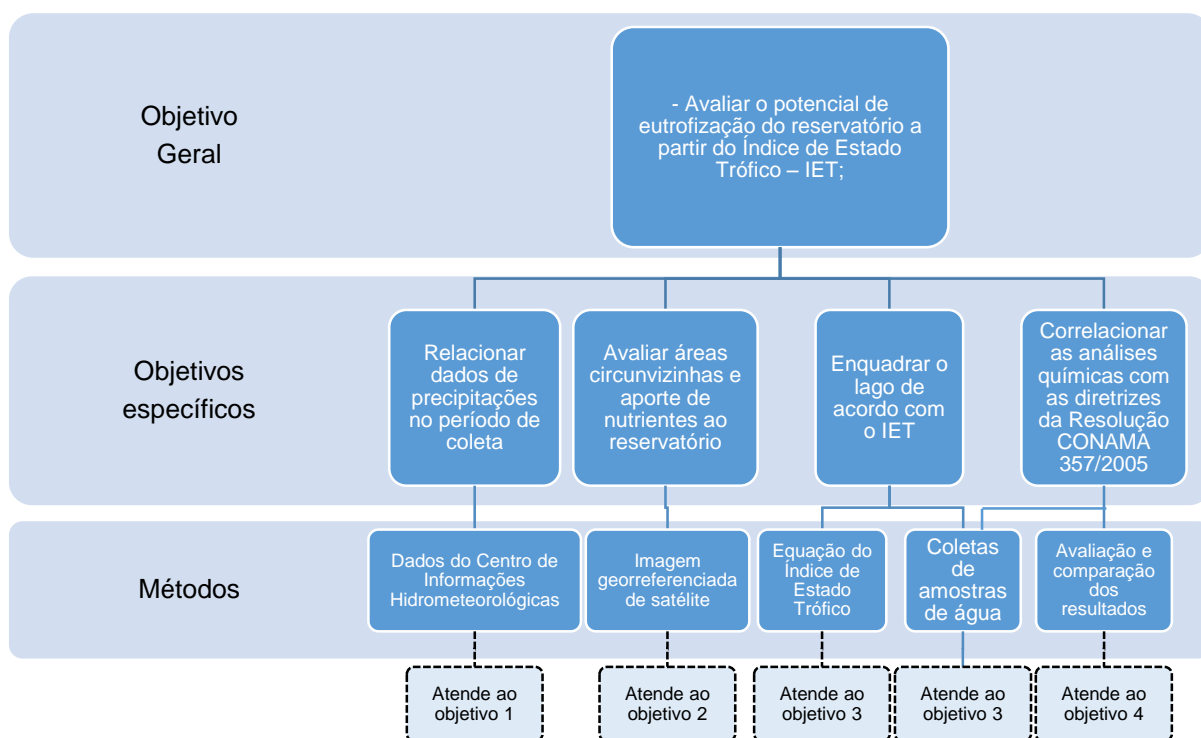


## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia adotada, assim como as características dos materiais e procedimentos utilizados durante o trabalho para cumprimento dos objetivos propostos.

No **Fluxograma 1**, pode-se observar melhor a apresentação dos objetivos e métodos propostos no estudo.

**Fluxograma 1** – Objetivos e métodos da proposta de estudo



Fonte: Elaborado pela autora.

#### **4.1 Dados de precipitação**

Os dados das precipitações pluviométricas ocorridas no período de amostragem foram obtidos a partir de informações da base de dados fornecidos pelo Centro de Informações Hidrometeorológicas - CIH da UNIVATES, mediante solicitação e descrição do intervalo de tempo necessário.

#### **4.2 Mapeamento e quantificação da área de aporte de nutrientes (N e P)**

A avaliação das áreas circunvizinhas e a capacidade de aporte de nutrientes (N e P) para o lago foi realizada através da delimitação da microbacia de drenagem do local a partir de um arquivo digital de 2013 do município de Lajeado, composto por curvas de nível e fotografia aérea. A delimitação da microbacia foi realizada através do *software* ArcMap (versão 10.1) do ArcGis, onde foram inseridos os arquivos contendo as curvas de nível e pontos cotados para verificação dos divisores topográficos e demarcação da área. A partir desta delimitação pode-se quantificar a área de contribuição do campus e as demais contribuições externas.

O mapeamento do uso e ocupação do solo da microbacia foi realizado a partir da análise e interpretação da imagem de satélite de alta resolução, disponível no *Google Earth Pro*, mediante a utilização de técnicas de geoprocessamento, abrangendo a área estudada e o seu entorno. A foto aérea de 2013 auxiliou na identificação, porém nos últimos dois anos houveram modificações na configuração do lago e construções nas áreas circunvizinhas, que puderam ser verificadas pela utilização da imagem atualizada.

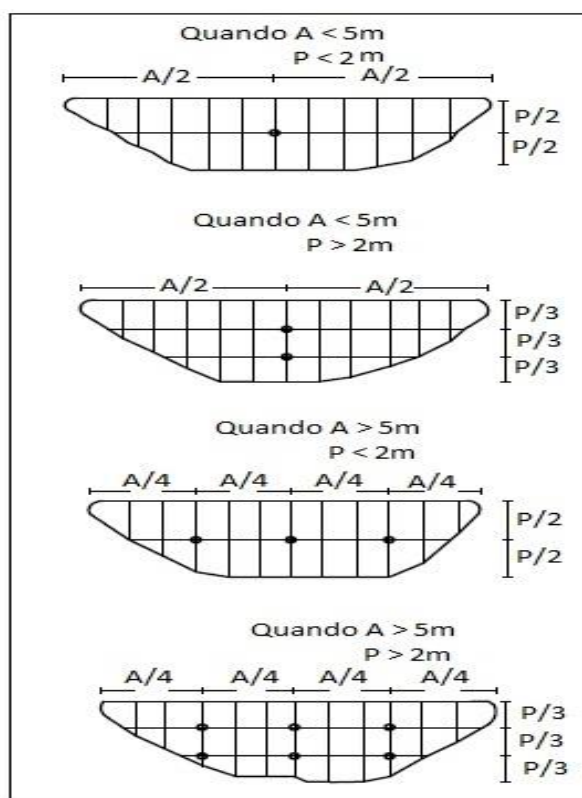
#### **4.3 Amostragem periódica de água e análise química**

##### **4.3.1 Métodos de amostragem**

O planejamento e as técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores foram realizados de acordo com as NBR's 9897 e 9898 (ABNT, 1987), que indicam normas e procedimentos para a realização da amostragem e preservação de amostras.

A localização e os pontos de amostragem ao longo da seção transversal de corpos receptores, associadas à largura e profundidade, realizadas conforme a NBR 9897, podem ser verificadas na **Figura 5**.

**Figura 5** - Localização dos pontos de amostragem ao longo da seção transversal de corpos receptores, associadas à largura e profundidade



Fonte: NBR 9897 (ABNT, 1987).

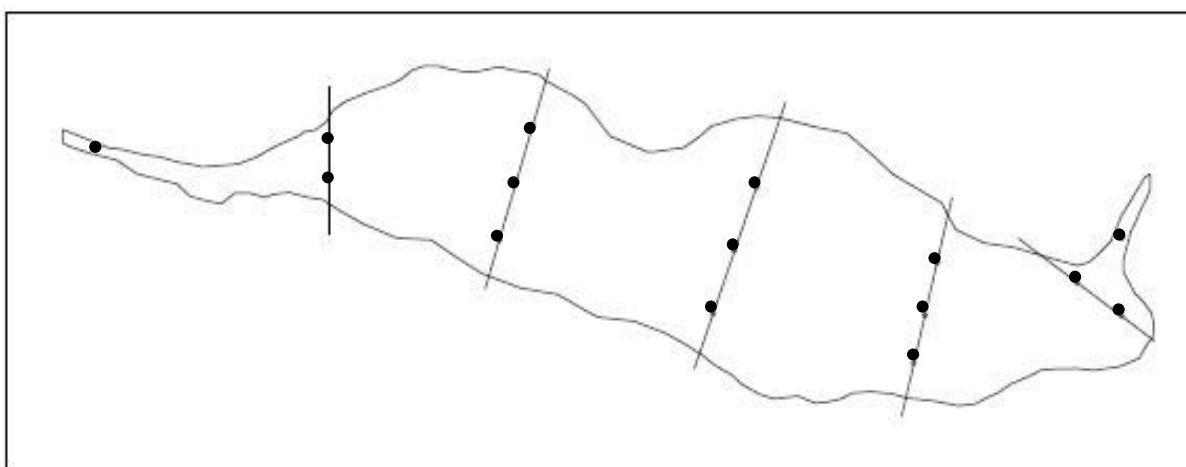
#### 4.3.2 Determinação dos pontos de coleta

De acordo com as especificações descritas na NBR 9897 (ABNT, 1987), que determinam as condições de planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, em reservatórios ou lagos de forma alongada, devem ser estabelecidos pontos em várias seções transversais ao longo da massa líquida. Ainda, devem ser evitadas áreas de águas estagnadas e locais próximos às margens.

De maneira geral, a localização de cada ponto de coleta deve ser definida levando-se em consideração as características hidromorfológicas e a dinâmica fluvial da área, além de considerar o objetivo que se pretende alcançar.

As condições para a definição da localização dos pontos de amostragem da água do lago foram onde a probabilidade de homogeneização é maior e ao longo da sua seção transversal, com base na **Figura 6** (ABNT, 1987).

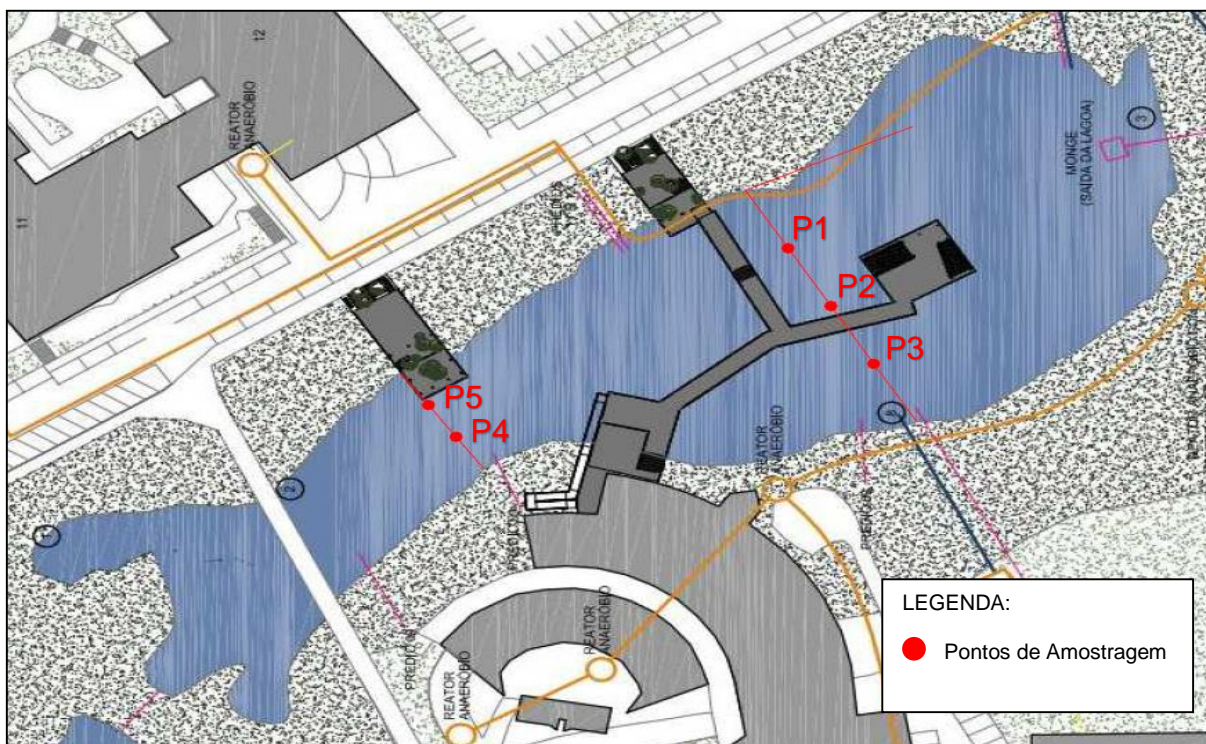
**Figura 6** - Localização de pontos de amostragem ao longo da seção transversal de corpos receptores segundo a NBR 9897



Fonte: NBR 9897 (ABNT, 1987).

A decisão quanto aos pontos de coleta foi referenciada a NBR 9897, descrita acima. O lago foi subdividido ao longo do seu comprimento em 3 (três) unidades de 53 (cinquenta e três) metros entre seções transversais de amostragem. Na área a jusante, em direção ao exutório, estabeleceu-se 3 (três) pontos de coleta equidistantes de acordo com a largura do local. A montante, definiu-se 2 (dois) pontos de coleta, arbitrados de acordo com a largura do trecho. Os números de pontos totalizaram 5 (cinco) unidades, distribuídos espacialmente conforme pode ser verificado na **Figura 7**.

**Figura 7** - Distribuição das seções transversais dos pontos de coleta



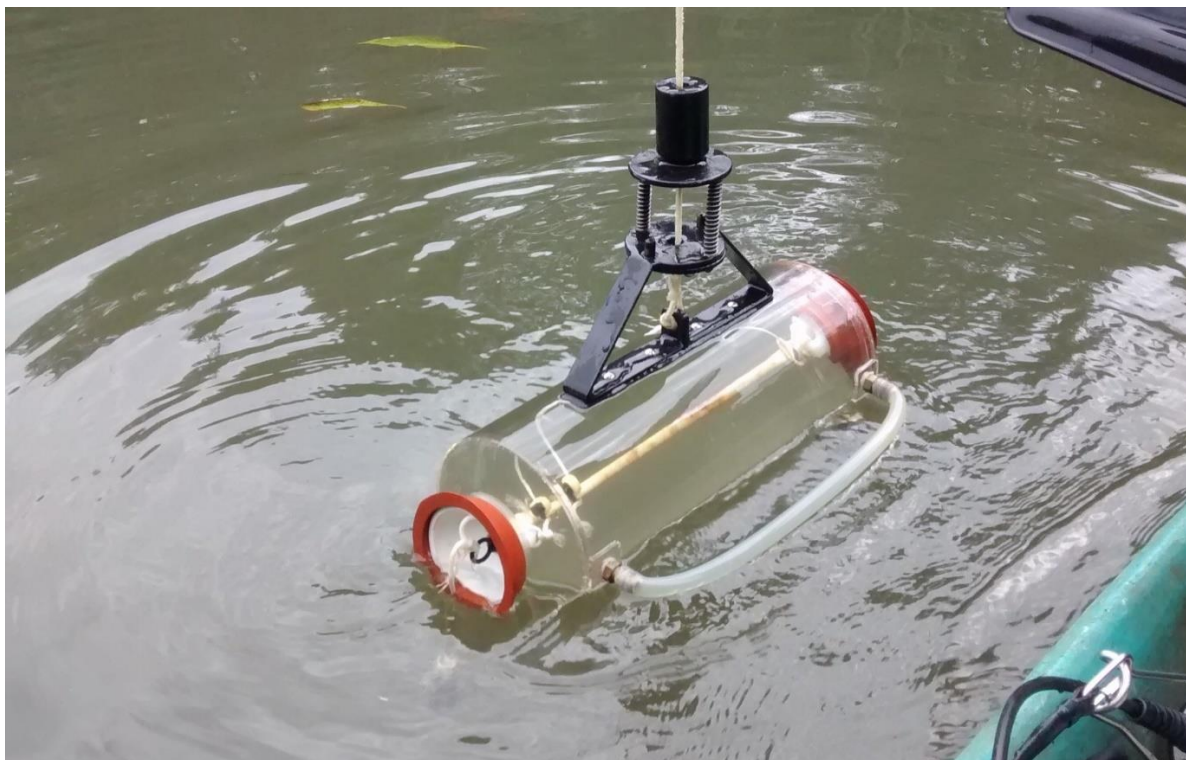
Fonte: Imagem cedida pelo Setor de Gestão Ambiental da Univates. Adaptado pelo autor.

O número de amostras nas seções verticais referente à profundidade, estão relacionados à respectiva NBR, sendo a profundidade relativa inferior a 4 (quatro) metros, indica a necessidade de amostragem em um único ponto médio. A relação entre profundidade e número de amostras encontra-se descrita na **Figura 5**.

#### 4.3.3 Periodicidade e procedimentos de coleta das amostras

As coletas foram realizadas no período de julho a novembro de 2015, correspondendo a um total de 4 (quatro) campanhas amostrais. Das 4 (quatro) campanhas, 3 (três) foram realizadas no período da tarde, entre 13h30 e 16h30 e 1 no período da manhã, entre 09h00 e 11h00. As condições meteorológicas nas campanhas de realização da coleta das amostras foram de ausência de chuva. As amostras de água foram coletadas a partir da utilização de uma embarcação de pequeno porte, uma garrafa Van Dorn (**FIGURA 8**) com capacidade para 5 litros, com o objetivo de coletá-las na profundidade estabelecida e uma trena de 05 metros, para auxílio e verificações das medidas de profundidade no dia da coleta.

**Figura 8 - Garrafa Van Dorn**



Fonte: Autora.

O acondicionamento das amostras foi realizado em recipientes de vidro da cor âmbar com solução preservante, fornecidos pelo laboratório de acordo com os padrões estabelecidos para os parâmetros analisados, além da sua preservação, conservação e transporte. As amostras foram mantidas sob refrigeração de 4°C em caixa térmica até o momento em que foram encaminhadas ao Laboratório que realizou as análises.

#### **4.3.4 Análises químicas**

As amostras de água foram analisadas pelo Laboratório de Análises Unianálises. A entidade é legalmente credenciada junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) e acreditada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Para análise dos parâmetros de Nitrogênio Total e Fósforo Total, foram adotados os procedimentos utilizados pelo Laboratório em questão, de acordo com os Métodos 4500 B.5 e 4500 E para Fósforo Total; e os Métodos 4500 C e Semi-Micro-Kjeldahl Method para Nitrogênio Total Kjeldahl, segundo APHA (2012). Para a verificação das medidas de pH, foram realizadas verificações *in-loco* através da utilização da sonda multiparâmetros da marca Horiba, modelo U-52G, apresentada na **Figura 9**.

**Figura 9** - Sonda multiparâmetros Horiba, modelo U-52G



Fonte: Gardco, 2015.

#### 4.4 Classificação do Índice de Estado Trófico

Os resultados das análises químicas do parâmetro Fósforo Total foram aplicados na equação do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983) (EQUAÇÃO 5), para medir o potencial de eutrofização do lago e classificá-lo conforme o seu grau de trofia no período amostrado. Cabe novamente ressaltar que os resultados encontrados a partir da aplicação do IET não mensuram diretamente a eutrofização, apenas indicam o potencial e a condição de trofia do meio,

classificando-o em diferentes classes, conforme a Tabela 7, apresentada no subtítulo referente ao Índice de Estado Trófico (SANTOS, 2012; ANA, 2013).

$$IET_T = 10 \times \left[ 6 - \frac{\ln\left(\frac{80,32}{P}\right)}{\ln 2} \right] \quad (5)$$

Onde o P refere-se a concentração de Fósforo Total em µg/L.

#### 4.5 Enquadramento da classe de água segundo a Resolução CONAMA 357/2005

Os resultados das análises químicas de Fósforo Total, foram comparados aos critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 para o enquadramento da classe de qualidade da água do recurso hídrico, conforme constam nas **Tabelas 07 e 08**, apresentadas no subtítulo denominado Enquadramento e Padrões de Qualidade da Água.

O **Fluxograma 2** apresenta os procedimentos realizados na metodologia para atender aos objetivos propostos.

#### Fluxograma 2 - Metodologia do estudo

Amostragem periódica de água e análise química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coletas conforme a NBR 9897 e NBR 9898 (ABNT, 1987);</li> <li>• Análise no laboratório de análise UNIANÁLISES da instituição.</li> </ul>
Dados de precipitação no período de coleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conforme informações do Centro de Informações Hidrometeorológicas (CIH) da instituição.</li> </ul>
Áreas circunvizinhas e seu aporte de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base digital do município com curvas de nível;</li> <li>• Imagem georreferenciada de satélite;</li> <li>• Mapeamento do uso e ocupação do solo;</li> <li>• Quantificação das áreas de aporte.</li> </ul>
Classificação do IET do reservatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coletas conforme a NBR 9897 e NBR 9898 (ABNT, 1987);</li> <li>• Análise no laboratório de análise UNIANÁLISES da instituição;</li> <li>• Aplicação os resultados das análises de Fósforo na equação do Índice de Estado Trófico.</li> </ul>
Correlação dos resultados frente a Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros de PT avaliados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparação dos valores obtidos nas análises com a Resolução CONAMA com parâmetros de enquadramento de acordo com as classes especial, 1, 2, 3 e 4.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

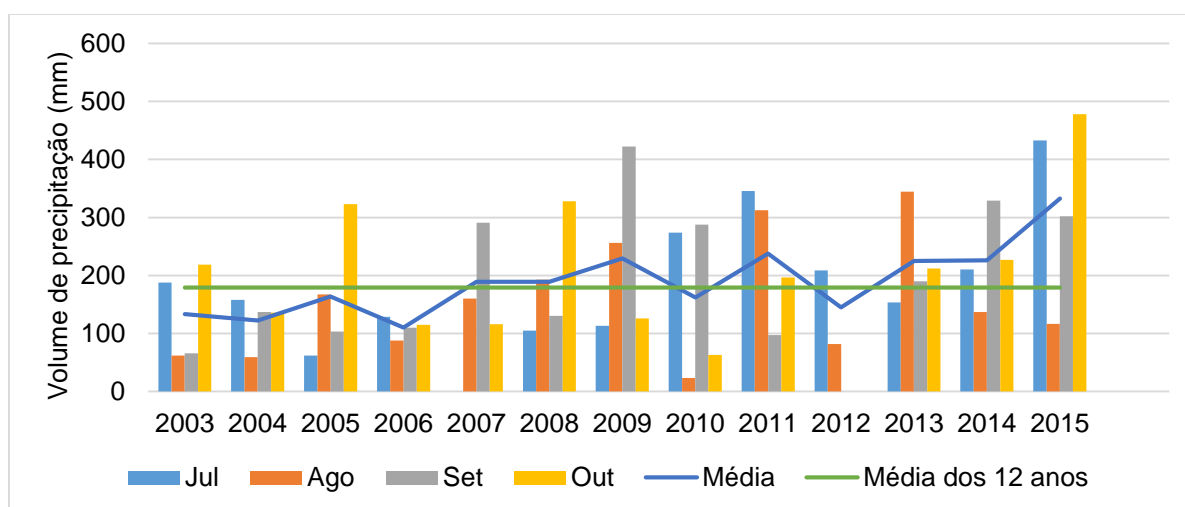


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Dados de precipitação

Os dados das precipitações pluviométricas ocorridas no período de coleta foram obtidos a partir de informações da base de dados do Centro de Informações Hidrometeorológicas - CIH da UNIVATES. No **Gráfico 1** observa-se os volumes de precipitação mensal acumulada no período de 2003 a 2015, assim como a média anual e a do intervalo dos 12 anos para os meses de amostragem, realizadas a partir dos dados apresentados. Considerando o período estudado, a média anual para os volumes de precipitação encontram-se 28,45% acima da maior média apresentada e 46,01% maior que o valor da média anual durante os 12 anos.

**Gráfico 2** - Precipitação mensal acumulada do período de 2003 a 2015

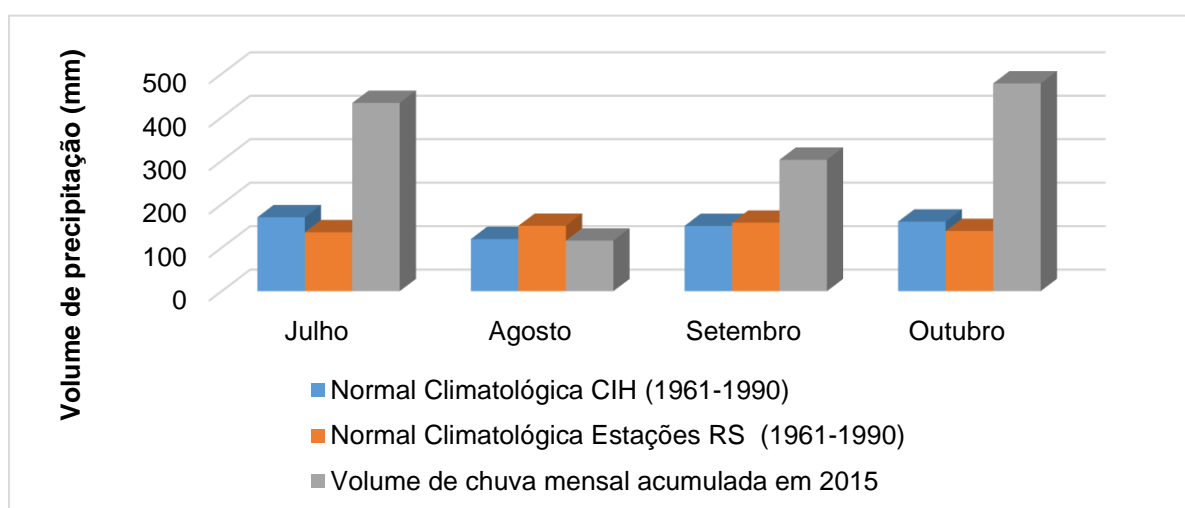


Fonte: Dados do CIH. Adaptado pela autora.

Nos meses de julho, setembro e outubro, os volumes de precipitação apresentaram-se muito acima da média do mês no período de 2003 a 2015 analisado, indicando o alto volume pluviométrico na microbacia que envolve a área de estudo.

No **Gráfico 2** apresentam-se os dados da precipitação Normal Climatológica do período de 1961 a 1990 e os volumes da precipitação mensal acumulados para o ano de 2015. O valor referente à primeira coluna de Normal Climatológica corresponde à média calculada a partir dos dados de estações meteorológicas próximas ao município de Lajeado. Já a segunda coluna representa a média dos dados de todas as estações do Rio Grande do Sul, consultados na página do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BRASIL, 2015). Nos meses de julho e outubro, os volumes de precipitação apresentaram-se mais de 200% acima da média, se comparados ao volume médio obtido a partir das análises dos anos de 1961 a 1990. Ainda, foram registrados 22 dias de precipitação no decorrer do mês de julho e 18 em outubro deste ano. No mês de setembro, o volume de precipitação foi aproximadamente 150% superior à média, apresentando 16 dias com registros de chuva. Já o mês de agosto manteve-se abaixo do volume médio para o período, com ocorrência de apenas 10 dias de precipitação.

**Gráfico 3** - Normal Climatológica x Precipitação Acumulada mensal

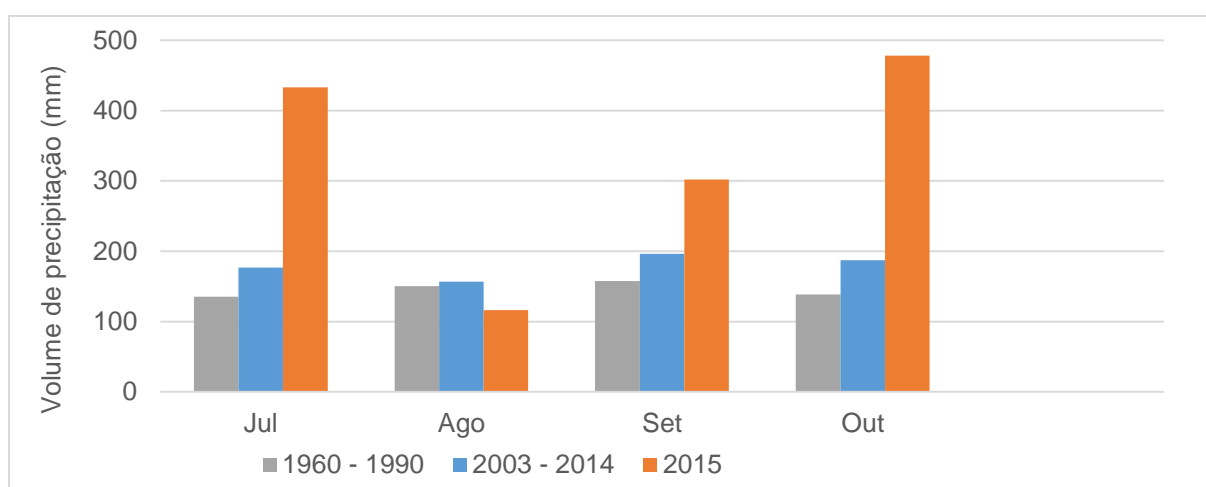


Fonte: Dados do CIH e INMET. Adaptado pela autora.

A partir do **Gráfico 3** pode-se observar que, nos meses correspondentes ao período de realização da amostragem, os volumes de precipitação, com exceção do

mês de agosto, encontram-se muito acima da média Normal Climatológica e a do período de dados do CIH dos últimos 12 anos. Em julho, estiveram 68,70% e 59,13% acima da média, respectivamente. O mês de agosto registrou um volume médio de precipitação de 22,62% e 25,87% abaixo das médias das duas colunas de referência. No mês de setembro, os volumes permaneceram 68,70% e 59,13% mais altos e em outubro, com um acréscimo de 71,04% e 60,80% no volume de precipitação.

**Gráfico 4** – Precipitação mensal acumulada Normal Climatológica, do período de 2003 a 2014 e a do ano de 2015



Fonte: Dados do CIH. Adaptado pela autora.

A **Figura 10** apresenta uma imagem do lago em seu nível normal e do dia 14 de julho deste ano, após 8 dias consecutivos de chuva, com volume total de 246,9mm. Sendo que, só no dia anterior à foto, havia ocorrido uma precipitação de 120,01mm.

**Figura 10** - Imagem do lago antes e após alguns dias de precipitação



Fonte: Adaptado pela autora.

A alta incidência de precipitações nas áreas edificadas e do entorno, devido à diminuição das zonas permeáveis, aumentam o volume e a velocidade do escoamento superficial, resultando no aumento da vazão de entrada no lago e, conseqüentemente, do seu nível d'água, interferindo diretamente na qualidade e na quantidade de água do ambiente (ANA, 2009).

## **5.2 Mapeamento e quantificação da área de aporte de nutrientes (N e P)**

A avaliação das áreas circunvizinhas e sua capacidade de aporte de nutrientes (N e P) foi realizada através da delimitação da bacia de drenagem do local a partir de uma base digital de informações espaciais de 2013 do município de Lajeado, contendo curvas de nível e pontos notáveis. A **Figura 11** apresenta a delimitação do limite da microbacia.

**Figura 11** - Bacia de drenagem da área de estudo



Fonte: Imagem do *Google Earth Pro* (27/06/2015) e Base Digital de 2013 do Município de Lajeado.

A microbacia que envolve a área de estudo, com base na delimitação realizada na imagem georreferenciada de satélite e as curvas de nível, apresenta uma área de contribuição de 196.342,59 m<sup>2</sup>. Desta área total, aproximadamente 134.810,64 m<sup>2</sup> (68,66%) referem-se à área de contribuição de água drenada internamente no campus e o restante, 61.531,95 m<sup>2</sup> (31,34%), a área de contribuição externa.

A contribuição interna do campus é caracterizada, principalmente, pelo escoamento de águas superficiais. Este escoamento decorre de precipitações pluviométricas direcionadas às redes pluviais advindas das edificações, ruas e acessos. As principais entradas internas de contribuição pluvial direcionadas ao lago provém de 08 canalizações, entre elas: 01 entre os prédios 03 e 05; 01 entre os prédios 07 e 08; 03 do prédio 09; 01 do prédio 10; 01 do Centro Cultural e 01 entre os prédios 11 e 12. Outra contribuição está relacionada aos efluentes tratados oriundos dos sistemas de tratamento instalados na instituição provenientes de 03 canalizações, sendo elas a da estação de tratamento dos prédios 03 e 05; a do prédio 10 e a do Centro Cultural.

A contribuição externa é constituída pela drenagem superficial proveniente de áreas próximas a instituição e de possíveis sistemas de tratamento de efluentes residenciais das edificações circunvizinhas que percolam até a canalização que encontra-se direcionada ao lago.

A área total de abrangência da microbacia do local do estudo é composta por loteamentos residenciais e comerciais, áreas com vegetação preservada, vias de acesso pavimentadas com asfalto ou blocos/pedras, estacionamentos, além das demais áreas construídas, como prédios, calçadas e toldos, que compõem o campus. A quantificação de cada área e sua caracterização pode ser visualizada pela **Tabela 9**.

**Tabela 9** - Mapeamento dos usos e ocupação do solo e quantificação das áreas de aporte de nutrientes

	<b>USO E OCUPAÇÃO</b>	<b>INTERNA</b>	<b>EXTERNA</b>	<b>Geral</b>
<b>Áreas de baixa permeabilidade</b>	Áreas construídas (prédios, residências, comércio)	18.275,02 m <sup>2</sup>	22.515,79 m <sup>2</sup>	143.363,32 m <sup>2</sup>
	Áreas de calçamento, ruas de acesso, estacionamentos e entre prédios	74.809,21 m <sup>2</sup>	17.170,56 m <sup>2</sup>	
	Asfalto	10.592,74 m <sup>2</sup>	-	
<b>Áreas de alta permeabilidade</b>	Vegetação e gramíneas	25.949,91 m <sup>2</sup>	21.845,64 m <sup>2</sup>	52.979,31
	Lago	5.183,76 m <sup>2</sup>	-	
<b>Área total</b>		134.810,64 m <sup>2</sup>	61.531,99 m <sup>2</sup>	196.342,63 m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pela autora.

As áreas construídas dentro da delimitação da microbacia interna, nas quais incluem-se os prédios da instituição, correspondem a aproximadamente 18.275,02 m<sup>2</sup>, ao extrair as metragens correspondentes aos andares, considerando apenas a medida do terreno. Essas áreas são consideradas impermeáveis, onde praticamente não ocorre a infiltração da água, assim como a pavimentação de asfalto presente na avenida. As áreas de baixa permeabilidade correspondem às de calçamento,

estacionamento e áreas entre prédios. Já as de alta permeabilidade correspondem à área de vegetação, grama e a do lago. A partir destes dados, verifica-se que 76,91% da área são de baixa permeabilidade à impermeáveis, fazendo com que aumente o escoamento superficial na microbacia interna de contribuição e aporte de nutrientes ao lago.

Na microbacia externa, as áreas construídas e ruas de acesso somam 17.170,56 m<sup>2</sup> (27,90%) e a vegetação uma área de 21.845,64 m<sup>2</sup> (35,51%). Sendo que as áreas de baixa permeabilidade à impermeáveis correspondem a 64,49% da sua área total.

As fontes pontuais de contribuição ao lago correspondem à canalizações de efluentes das estações de tratamento de esgoto dos prédios, assim como canalizações e dutos de entrada para águas pluviais.

Como fonte difusa, têm-se o escoamento superficial, que também está associado às precipitações pluviométricas, pois a água percola pelos estacionamentos, vias de acesso, calçadas, avenidas, gramados e vegetação, carreando vários componentes químicos ao lago (BARROS, 2008). Dentre os poluentes que possivelmente são carreados, podemos citar os resíduos provenientes das lixeiras ou da disposição inadequada dos mesmos, principalmente nas ruas e avenidas de entorno, pois também são utilizadas nos finais de semana para lazer. Ainda, possíveis águas percoladas de fossas sépticas, advindas de residências ou até mesmo de ligações clandestinas (KLEIN; AGNE, 2012). Outra fonte de poluição difusa associada ao lago é a atmosfera, devido ao processo de biofixação do Nitrogênio atmosférico por bactérias e algas, responsáveis por incorporá-lo e acumulá-lo, contribuindo para a incidência de Nitrogênio orgânico em suas águas (CESTESB, 2009). Ainda, conforme Esteves (1998), regiões com intenso tráfego de veículos recebem um aporte adicional de Fosfato e Nitrogênio, principalmente em épocas chuvosas e de intensas precipitações.

Pelo fato da instituição apresentar bueiros canalizados e distribuídos em vários pontos do campus, a maior parte das águas percoladas chegam ao lago pelas canalizações pluviais existentes.



### 5.3 Amostragem periódica de água e análise química

As profundidades de coleta das amostras variaram entre as campanhas devido às alterações no volume de água para o período. Como foi realizada a coleta em profundidade intermediária, a verificação da profundidade total do lago para cada seção vertical foi realizada antes de realizar a coleta através da medição com o auxílio da sonda e da trena, onde mergulhou-se a sonda e mediu-se o comprimento do cabo que ficou abaixo d'água.

As temperaturas médias para os meses de coleta foram de 15,9°C; 21°C; 17,8°C e 19,4°C. A temperatura mínima da água durante as campanhas foi de 17,48°C e a máxima foi de 19,68°C.

A discussão do trabalho realizou-se com base nos resultados apresentados na **Tabela 10**, referente às verificações de profundidade e análises realizadas nas amostras de água do lago.

**Tabela 10** – Verificações de profundidade e análises químicas das amostras de água

Ponto de Coleta	Data da coleta	Profundidade (m)	PT (mg/L)	NTK (mg/L)	Razão N:P	pH
Ponto 1 (P1)	29/07/2015	2	-	1,39	-	6,01
	02/09/2015	1,85	0,085	1,74	20,470	6,77
	06/10/2015	1,77	0,08	0,69	8,625	5,02
	20/10/2015	1,76	0,08	0,56	7	5,01
<b>Média (P1)</b>		<b>1,845</b>	<b>0,081667</b>	<b>1,095</b>	<b>12,031</b>	<b>5,7025</b>
Ponto 2 (P2)	29/07/2015	2	-	1,04	-	6,13
	02/09/2015	1,85	0,07	1,04	14,857	6,61
	06/10/2015	1,77	0,08	0,69	8,625	4,7
	20/10/2015	1,76	0,09	0,9	10	4,81
<b>Média (P2)</b>		<b>1,845</b>	<b>0,08</b>	<b>0,9175</b>	<b>11,160</b>	<b>5,5625</b>
Ponto 3 (P3)	29/07/2015	2	-	0,69	-	6,17
	02/09/2015	1,85	0,75	2,78	37,066	6,59
	06/10/2015	1,77	0,06	0,69	11,5	4,58



Ponto de Coleta	Data da coleta	Profundidade (m)	PT (mg/L)	NTK (mg/L)	Razão N:P	pH
	20/10/2015	1,76	0,08	1,04	13	4,73
<b>Média (P3)</b>		<b>1,845</b>	<b>0,071667</b>	<b>1,3</b>	<b>20,522</b>	<b>5,5175</b>
<b>Ponto 4 (P4)</b>	29/07/2015	1,5	-	1,39	-	6,13
	02/09/2015	1,35	0,085	1,74	20,470	6,45
	06/10/2015	1,27	0,08	1,39	17,375	4,45
	20/10/2015	1,26	0,08	1,04	13	4,64
<b>Média (P4)</b>		<b>1,345</b>	<b>0,081667</b>	<b>1,39</b>	<b>16,948</b>	<b>5,4175</b>
<b>Ponto 5 (P5)</b>	29/07/2015	1,5	0,085	1,39	16,352	6,07
	02/09/2015	1,35	0,08	2,08	26	6,44
	06/10/2015	1,27	0,1	1,39	13,9	4,54
	20/10/2015	1,26	0,08	1,39	17,375	4,67
<b>Média (P5)</b>		<b>1,345</b>	<b>0,08625</b>	<b>1,5625</b>	<b>18,406</b>	<b>5,43</b>
<b>Desvio Padrão (Média)</b>		<b>0,244948974</b>	<b>0,005333</b>	<b>0,252137</b>	<b>4,066193</b>	<b>0,115698</b>
<b>Média Geral</b>		<b>1,645</b>	<b>0,08025</b>	<b>1,253</b>	<b>15,814</b>	<b>5,526</b>

(-) Não detectado.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.3.1 pH

Os baixos valores de pH presentes na água durante a terceira e quarta campanha, visualizada através da **Tabela 10**, pode ser justificada por Piveli (2001), que relata que a acidez presente na água é conferida através da presença do gás carbônico ou de ácidos minerais. O gás carbônico em si não provoca grandes condições de acidez na água, mas está sempre presente, através da sua dissolução de origem atmosférica ou resultante da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica, proveniente de águas poluídas de origem natural ou efluentes. Já os ácidos minerais estão associados à descargas de efluentes industriais não neutralizados. O

grande volume de precipitação no decorrer do mês de outubro pode ter contribuído com o aporte de sólidos e gases dissolvidos.

O pH de águas naturais normalmente encontra-se entre 5 e 9, porém pode acontecer de apresentarem valores menores. Geralmente, a água da chuva apresenta pH em torno de 5,6, devido à saturação com o dióxido de carbono em decorrência da poluição do ar, podendo provocar uma reação ácida com a água. Outro fator que pode contribuir para valores baixos de pH são águas com altas concentrações húmicas. Ainda, podem ocorrer flutuações diárias nos indicadores de pH, devido ao sequestro do dióxido de carbono pelos vegetais para a realização da fotossíntese no durante o dia, e a liberação do mesmo na água no período da noite resultante da respiração. Devido a isso, o pH pode apresentar um valor menor nas primeiras horas da manhã, aumentando para o máximo no período da tarde e decaindo à noite (BOYD, 2013).

No caso das campanhas com menores valores de pH, apenas uma delas ocorreu no período da manhã, indicando que não apresenta uma relação somente em função do horário de coleta.

### **5.3.2 Nitrogênio Total Kjeldahl**

Os resultados de Nitrogênio Total Kjeldahl (**TABELA 10**), que consiste na combinação de Nitrogênio orgânico + amônia, são indicadores da presença de efluentes de tratamento sem nitrificação, esgoto bruto ou poluição recente (VON SPERLING, 2007).

### **5.3.3 Nutriente limitante**

A aplicabilidade do princípio de nutriente limitante é comprovada por diversos trabalhos, apesar disso, devem ser consideradas questões que interferem na sua aplicação, pois divergente ao estado constante proposto pela teoria da Lei do Mínimo, muitas vezes os nutrientes podem atuar como limitantes de maneira simultânea, variando suas concentrações no meio (LAMPARELLI, 2004).

Segundo Lamparelli (2004), para a razão N:P, valores abaixo de 10 podem indicar uma limitação por Nitrogênio. A partir das razões NT/PT, das 20 amostragens realizadas, 04 não puderam ser analisadas pela falta de dados, porém das 16

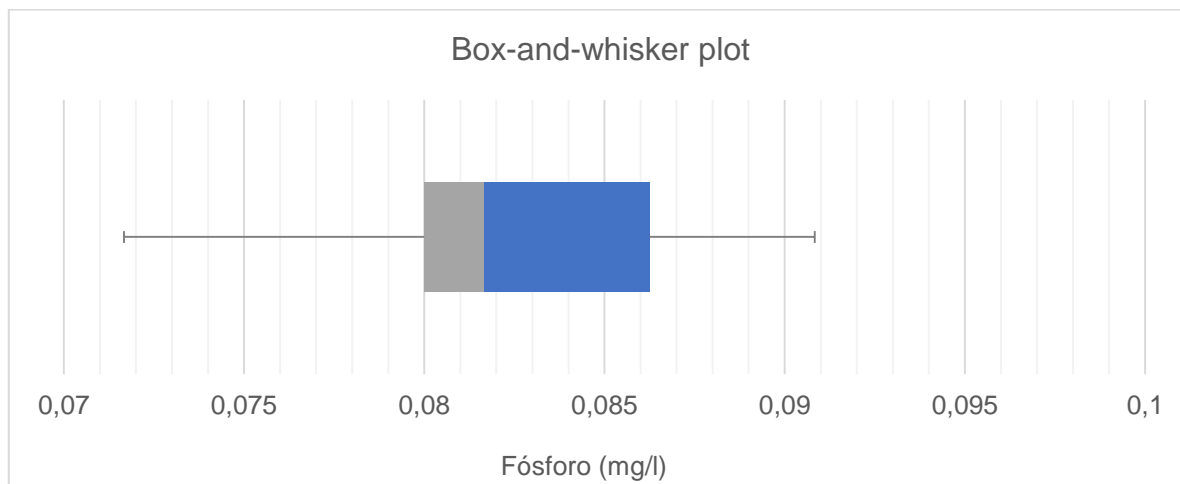
restantes, 12 apresentaram valores acima de 10, indicando limitação pelo Fósforo Total.

#### 5.3.4 Fósforo Total

Na primeira campanha amostrada não foram detectadas as concentrações de Fósforo Total para os pontos 1, 2, 3 e 4. A falta de detecção pode ser evidenciada pelos altos volumes de precipitação ocorridos no mês de julho e em decorrência da amostragem ter sido realizada logo após os primeiros dias de aula, após um período de férias letivas da instituição. Esses fatores podem ter influenciado na redução da entrada de poluentes devido à menor circulação de pessoas no campus e diluição das águas pelo alto volume de precipitações, com o consequente aumento do nível d'água.

As demais campanhas também mostraram-se com altas concentrações de Fósforo Total mesmo ocorrendo altos volumes de precipitações no período avaliado, esses resultados podem estar associados ao intenso fluxo de pessoas, tráfego de veículos e maior contribuição de efluentes pelas estações de tratamento da instituição, em função do aumento na frequência e utilização dos sanitários pelos alunos e funcionários.

As concentrações de Fósforo Total obtidas a partir das amostras coletadas para os cinco pontos analisados variaram de 0,06mg/L a 0,1mg/L (**TABELA 10**). No **Gráfico 4** apresenta-se um gráfico do tipo *Box-and-whisker plot*, utilizado para analisar os resultados de concentração de Fósforo Total obtidos. Este tipo de representação realça as informações importantes referentes aos dados, nomeadamente sobre o centro da amostra (mediana), sua variabilidade, simetria e resultados discrepantes. A partir de sua interpretação podemos verificar que 25% dos dados obtidos são inferiores ou igual a 0,08 mg/L, 25% são superiores ou iguais a 0,0862 mg/L, 50% variaram entre 0,08 e 0,0862 mg/L e que os dados não são simétricos.

**Gráfico 5** - Resultados das amostras analisadas para Fósforo Total

Fonte: Autora.

Na **Tabela 11** observa-se que as concentrações médias de Fósforo Total na seção de amostragem a jusante do lago foram 7,36% menores que as concentrações na seção a montante do lago. O maior aporte de Fósforo, observado através das análises, concentrou-se nos pontos a montante do lago (P4 e P5), que correspondem às principais entradas e fontes de poluição da microbacia, sendo elas a de contribuição pluvial e a de efluentes. A diferença de concentrações a montante e a jusante pode estar associada à sedimentação da carga de nutrientes conforme o seu avanço ao longo do comprimento do lago (GARCIA; TUCCI, 2000). Ainda, os pontos em que foram observados maiores concentrações de Fósforo Total correspondem aos pontos a montante e aos dois pontos à jusante (P1 e P2) mais próximos à rua de acesso interno da UNIVATES.

**Tabela 11** - Resultados de Fósforo Total a jusante e a montante do lago

Fósforo Total (mg/L)					
Localização	Jusante			Montante	
	1º Ponto (P1)	2º Ponto (P2)	3º Ponto (P3)	4º Ponto (P4)	5º Ponto (P5)
<b>Média</b>	0,081667	0,08	0,071667	0,081667	0,08625
<b>Média Geral</b>	<b>0,077778</b>			<b>0,083958</b>	

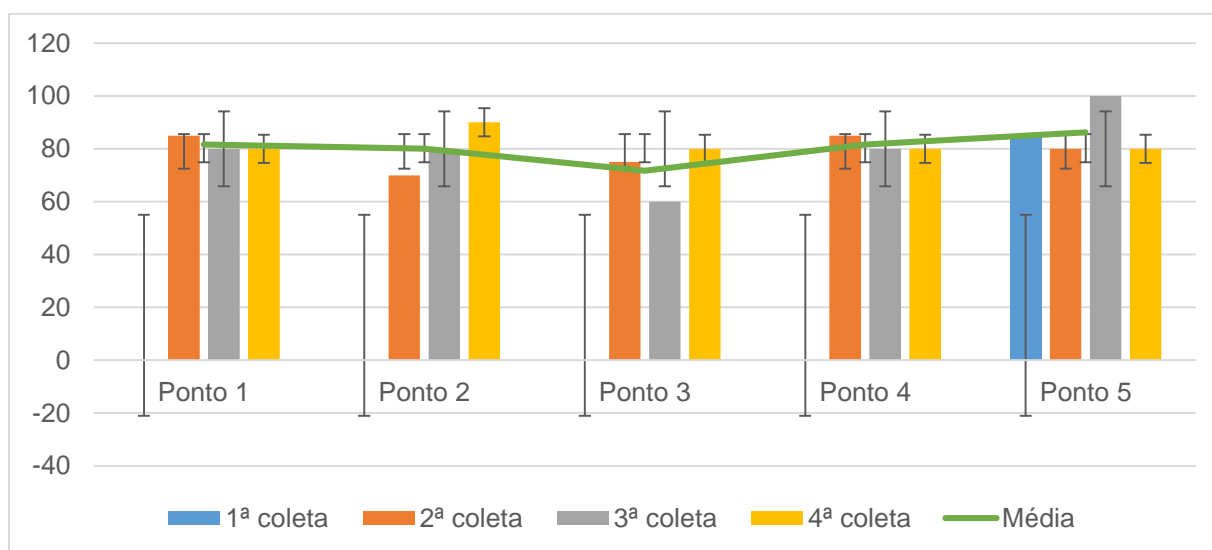
Fonte: Elaborado pela autora.

## 5.4 Classificação do Índice de Estado Trófico

Como as concentrações repassadas pelo laboratório são informadas na unidade de mg/L, realizou-se a conversão das mesmas para  $\mu\text{g/L}$ , unidade requerida para aplicação na fórmula do IET.

No **Gráfico 5** observam-se os valores de Fósforo Total para cada ponto nas quatro campanhas amostrais. Neste gráfico também constam a média total geral e o desvio padrão de todos os pontos, realizados a partir da média geral de cada ponto, com o intuito de obter uma classificação geral do IET do lago. O desvio padrão para os dados apresentados foi de 5,33, este valor corresponde à distância entre os valores medidos e a média.

**Gráfico 6** - Concentração de Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ ) das amostras nos pontos de coletas



Fonte: Adaptado pela autora.

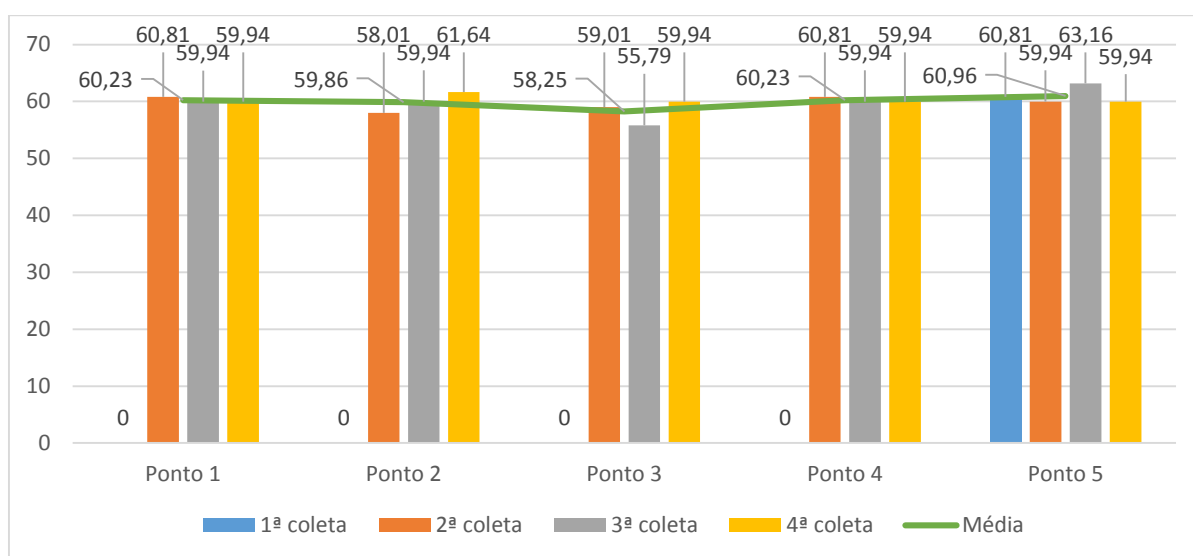
Os resultados das análises do parâmetro Fósforo Total nas amostras coletadas convertidos para a unidade requerida foram aplicados na equação do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983) (EQUAÇÃO 5) para medir o potencial de eutrofização do lago e classificá-lo conforme o seu grau de trofia no período das análises. Os resultados obtidos a partir da aplicação na fórmula do IET podem ser visualizados no **Gráfico 6**. Cabe novamente ressaltar que os resultados encontrados a partir da aplicação do IET não mensuram diretamente a eutrofização,

apenas indicam o potencial e a condição de trofia do meio, classificando-o em diferentes classes, conforme a **Tabela 7**, apresentada no subtítulo referente ao Índice de Estado Trófico (SANTOS, 2012; ANA, 2013).

$$IET_T = 10 \times \left[ 6 - \frac{\ln\left(\frac{80,32}{P}\right)}{\ln 2} \right] \quad (5)$$

Onde o P refere-se a concentração de Fósforo Total em  $\mu\text{g/L}$ .

**Gráfico 7** - IET calculado para cada ponto analisado.



Fonte: Adaptado pela autora.

A classificação do IET do lago em todos os pontos amostrados não apresentou variação, mantendo-se na faixa de valores correspondente a  $54 < IET < 74$ , pois os resultados encontrados se mantiveram entre 55,79 a 63,16, enquadrando o lago como eutrófico. Porém houveram variações entre os valores, indicando uma variabilidade de concentrações de Fósforo ao longo e em diferentes pontos do lago. Esse resultado indica a real necessidade de observação aos métodos de coleta em função do número de pontos, assim como sua espacialização. A utilização da NBR 9897 (ABNT, 1987) mostrou-se necessária e válida para atender aos objetivos propostos pelo estudo.

De maneira geral, a partir das médias do IET de todos os pontos, o lago apresentou IET 59,91, classificando-o como Eutrófico no período avaliado.

A eutrofização do lago possibilita a ocorrência de mau cheiro, contribui para a proliferação de vetores, pode desencadear a mortandade de peixes e a floração de algas tóxicas, além de comprometer seriamente a qualidade de suas águas e algumas de suas utilizações, como a recreação (ANGELINI, BINI, STARLING, 2008; ANA, 2013). Sendo que, durante a realização das coletas de amostragem em campo, evidenciou-se mau cheiro e a coloração esverdeada. Os resultados das análises confirmam o comprometimento da qualidade de suas águas e seu alto aporte de Fósforo.

A eutrofização de um recurso hídrico é considerada progressiva, porém o IET caracteriza-se como dinâmico, no qual os lagos podem apresentar variações de classificação ao longo do tempo, tanto para classes de maior quanto para as de menor trofia (LAMPARELLI, 2004). Ou seja, demonstra a importância de ser realizado um monitoramento contínuo da qualidade e estado trófico do lago em diferentes épocas ou condições.

Apesar de ser verificada uma alta disponibilidade de Fósforo no meio e suas águas apresentarem-se esverdeadas, verifica-se que o lago ainda apresenta condições para o desenvolvimento e manutenção de peixes existentes em seu interior (**FIGURA 12**), provavelmente pela remoção de galhos e folhas e de aeração

**Figura 12** - Indícios da presença de peixes existentes no interior do lago



Fonte: Autora.

Um ecossistema que apresenta pouca renovação da água é mais suscetível à eutrofização, e que só poderá ser controlada através da redução da entrada de nutrientes ou da alteração dos processos internos do lago, como sombreamento, aeração, entre outras medidas preventivas e/ou corretivas (FRANZEN, 2009).

### 5.5 Correlação dos resultados com a Resolução CONAMA 357/2005

Comparando os resultados obtidos nas análises de Fósforo Total com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (**TABELA 12**), observa-se que, mesmo os valores mínimos obtidos de Fósforo Total no período da análise, encontram-se acima dos padrões de concentração máxima de enquadramento de águas doces para a classe 3. Desta forma, a água do lago da Univates é enquadrada na Classe 4.

Esse enquadramento condiz com o uso e a destinação a que o mesmo foi proposto, para fins paisagísticos e de navegação.

**Tabela 12** - Correlação entre a Resolução CONAMA 357/2005 e os resultados obtidos

Parâmetros	Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 Concentrações máximas (mg/L)				Resultados das análises (mg/L)
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Fósforo Total
Fósforo Total (Ambiente lântico)	0,020	0,030	0,050	< 0,050	0,06 a 0,1

< = Maiores que.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005). Adaptado pela autora.

O reservatório estudado recebe a entrada de nutrientes a partir de fontes pontuais e difusas, pois são encaminhados a ele efluentes oriundos de reatores anaeróbios de tratamento dos esgotos prediais da instituição e as águas drenadas superficialmente dos sistemas hidrossanitários das áreas circunvizinhas. Apesar do efeito da diluição das águas, decorrente do aumento da entrada de água no lago pelos altos volumes de precipitação, o aporte de Fósforo elevado pode estar associado ao



incremento de nutrientes pelo escoamento superficial no período amostrado, ocasionando o carreamento de poluentes adicionais ao lago. Esses aportes adicionais podem ser decorrentes do tráfego de veículos, assim como devido ao retorno do período letivo onde, além de intensificar a circulação de veículos, têm-se um maior volume de geração de esgotos e, conseqüentemente, de efluentes. Os esgotos provenientes de banheiros e lavatórios é, geralmente, constituído de matéria orgânica de origem fecal e detergentes diluídos em um alto volume de água. Ainda, podem conter águas residuais de produtos químicos utilizados na lavagem dos sanitários, pisos e áreas externas.

É provável que em períodos de estiagem aumente a concentração de nutrientes devido às altas taxas de evaporação, à tendência de concentração de nutrientes na água e elevados períodos de detenção da água (OLIVEIRA; MATTOS; BECKER, 2012).

A baixa qualidade da água do lago pode estar associada ao uso e ocupação do solo, pois as cargas poluentes que chegam até ele e o seu nível de poluição são determinados pela configuração, distribuição espacial e a intensidade de sua ocupação (LARENTIS, 2004). Essa entrada de poluentes provém dos processos naturais e de praticamente todas as atividades humanas ocorridas no entorno, tanto de natureza urbana como atmosférica, de fontes pontuais e difusas. Cada uma delas produz poluentes específicos e que apresentam diferentes implicações na qualidade hídrica do lago (BARROS, 2008; MANSOR, 2005).

## 6 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos e as condições do período em que o estudo foi realizado, conclui-se que a variabilidade de concentrações de Fósforo ao longo e em diferentes pontos do lago, indicam a necessidade de serem observados os métodos de coleta em função do número de pontos, assim como a sua espacialização. A utilização da NBR 9897 (ABNT, 1987) mostrou-se necessária e válida para atender aos objetivos propostos pelo estudo.

O maior aporte de Fósforo, observado através dos resultados das análises, concentrou-se nos pontos a montante do lago, que correspondem às principais entradas e fontes de poluição da microbacia, sendo elas a de contribuição pluvial e a de efluentes; e nos dois a jusante mais próximos à rua de acesso interno da instituição. Os resultados evidenciam o alto aporte de nutrientes ao lago por fontes pontuais e difusas, além de contribuírem para a baixa qualidade da água.

O alto volume de precipitação no período foi um fator interferente quanto aos níveis de concentrações do parâmetro monitorado, devido ao uso e ocupação do solo da microbacia e o conseqüente aumento do escoamento superficial e aporte de nutrientes em direção ao lago. Apesar do efeito da diluição das águas, decorrente do aumento da entrada de água no lago pelos altos volumes de precipitação, o aporte de Fósforo elevado pode estar associado ao incremento de nutrientes pelo escoamento superficial no período amostrado, ocasionando o carreamento de poluentes adicionais ao lago. Esses aportes adicionais podem ser decorrentes do retorno do período letivo onde, além de intensificar a circulação de veículos, têm-se um maior volume de geração de esgotos e, conseqüentemente, de efluentes.

Nos períodos de estiagem podem ocorrer o aumento das concentrações de nutrientes devido às altas taxas de evaporação, à tendência de concentração de nutrientes e elevados períodos de retenção da água, aconselhando-se um monitoramento em diferentes condições climáticas para validação desta hipótese.

Em virtude do curto período de realização do monitoramento e de não terem sido realizadas coletas em períodos de estiagem, sugere-se a realização de mais amostragens em diferentes condições climáticas e em um maior intervalo de tempo, com o intuito de obter uma classificação em diferentes sazonalidades e a longo prazo. Por fim, o monitoramento e os métodos utilizados atenderam aos objetivos propostos e foram coerentes com a real configuração e apresentação do lago.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897**: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

Agência Nacional de Águas (ANA) (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: 2013 / Agência Nacional de Águas. 432 p.: Il. ISBN 978-85-882100-15-8. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2013.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

Agência Nacional de Águas (ANA) (Brasil). **Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos**: Princípios de hidrologia ambiental [modalidade a distância] / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2009. Disponível em: <[http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais\\_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf](http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

ANGELINI, R.; BINI, L. M.; STARLING, F. L. R. M. **Efeitos de diferentes intervenções no processo de eutrofização do lago Paranoá (Brasília – DF)**. Oecol. Bras., 12 (3): 564-571. 8p. Companhia de Abastecimento e Saneamento de Brasília (CAESB). Brasília - Distrito Federal, 2008.

ARAÚJO, A. B. de; SALES, J. C.; FONTENELLE, R. O. dos S.; ALVES, F. R. L.; AGUIAR, F. L. L. de. **Qualidade microbiológica e avaliação do Estado Trófico de amostras de água do açude Forquilha-CE**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.10, n.18. Ceará, 2014.

BARROS, F. M. **Dinâmica do Nitrogênio e do Fósforo e estado trófico nas águas do rio Turvo Sujo**. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2008.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; PAIXÃO, B. E. G. **Uso do Índice do Estado Trófico para avaliar a qualidade das águas do Estuário da Lagoa dos Patos (RS)**. Atlântica, Rio Grande, 2013.

BOYD, C. E. **Manejo do ciclo do pH para manter a saúde animal**. Revista *Advocate da GAA*. Traduzido por Marcelo Lima – Consultor Técnico da ABCC. Edição julho/agosto de 2013 – p. 28 a 30.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª edição. ISBN: 85-7605-041-2. Pearson Prentice Hall: São Paulo, 2005.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. Brasília – DF. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 09 de novembro de 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). **Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3**. 52 p. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/08/APU-TCCU.2-e-3.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

BRASIL. **Resolução do CONAMA nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

BEM, C. C. **Determinação do estado de eutrofização de um lago raso: estudo de caso do lago Barigui – Curitiba**. (Dissertação de Mestrado) 129p. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

BEM, C. C.; BRAGA, M. C. B.; AZEVEDO, J. C. R. de. **Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso**. REGA – vol. 10, nº 1, p. 41-50, jan./jul. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2013.

CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Coords.) **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Apêndice A – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Secretaria do Meio Ambiente – Governo de São Paulo, 2009.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. Norma técnica. 3ª Edição. Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo – Caderno Executivo I, v. 124 (71) de 15/04/14, Poder Executivo, Seção I, p. 53 a 55. São Paulo, 2014.

**CMB Mineração e Meio Ambiente.** Disponível em:  
<[http://www.cmbconsultoria.com.br/wp-content/gallery/cache/104\\_\\_x\\_ilustradiscosecchi.jpg](http://www.cmbconsultoria.com.br/wp-content/gallery/cache/104__x_ilustradiscosecchi.jpg)>. Acesso: 08 de maio de 2015.

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

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil.** Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science: Taubaté, v. 4, n. 1, p. 132-141 (doi: 10.4136/ambi-agua.78), 2009.

FRANZEN, M. **Dinâmica do Fósforo na interface água-sedimento em reservatórios.** (Tese de Doutorado). 244p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre – RS, 2009.

FREITAS, S. C. de. **Estimativa da pegada hídrica cinza relativa ao Fósforo na bacia hidrográfica do Ribeirão Pibiripau (DF/GO).** (Dissertação de Mestrado) 54 p. Publicação PPG EFL. DM – 208/2013. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília - DF, 2013.

GARCIA, R. L., TUCCI, C. E. M. **Simulação da qualidade da água em rios em regime não-permanente: Rio dos Sinos.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Porto Alegre, 2000. Disponível em:  
<<http://rhama.net/download/artigos/artigo26.pdf>>. Acesso em: 26 de novembro de 2015.

**GARDCO.** Paul N. Gardner Company, Incorporated. Disponível em:  
<[https://www.gardco.com/pages/ph\\_conductivity/wc/u50.cfm](https://www.gardco.com/pages/ph_conductivity/wc/u50.cfm)>. Acesso em: 10 de novembro de 2015.

JUNIOR, M. G. F. **Uso de Modelagem na Avaliação da Capacidade de Suporte de Reservatórios com Projetos de Aquicultura, tendo o Fósforo como Fator Limitante.** (Tese de Doutorado) 142 p. Rio de Janeiro: UFRJ / COPPE, 2011.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. **Fósforo: de nutriente à poluente!** Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) v.8, nº 8, p. 1713-1721, set-dez, 2012.

KURODA, E. K.; SANTOS, A. C. A. dos; QUEIROZ, L. A.; CALIJURI, M. do C.; BERNARDO, L. D. **Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23.Campo Grande. Anais, ABES. Campo Grande, 2010.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** (Tese de Doutorado) 238 p. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo, 2004.]

LARENTIS, D. G. **Modelagem sistemática da qualidade da água em grandes bacias: Sistema Taquari-Antas – RS.** (Dissertação de Mestrado) 177p. Porto Alegre, 2004.

LOPES, D. P.; LÍVIO, A. E.; SOUSA, M. R.; SILVA, F. M. **Comportamento estatístico do grau de acidez das chuvas na cidade de Natal/RN pela distribuição gaussiana.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Revista Holos ISSN 1807-1600. Natal, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Carol/Downloads/2175-8099-1-PB.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2015.

MAIA, A. A. D. **Determinação do grau de trofia no Baixo São José dos Dourados por meio da comparação entre dois diferentes índices de estado trófico.** (Dissertação de Mestrado) 64p. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira: [s.n.], 2011.

MANSOR, M. T. C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fonte não pontuais de Fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pinhal, Limeira- SP.** (Tese de Doutorado) 189p. Universidade Federal de Campinas. Campinas, 2005.

MARANHO, L. A. **Avaliação da qualidade da água do rio Corumbataí (SP) por meio de variáveis bióticas e abióticas.** (Tese de Doutorado). 106p. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

MENDES, L. de F. S; ALMEIDA, J. R. de S. **Eutrofização induzida pelo homem e suas consequências dentro de um ecossistema aquático.** Universidade Estadual do Ceará (UECE), 2008. Disponível em: [Http://www.webartigos.com/articles/10695/1/eutrofizacao-induzida-pelo-homem-e-suas-consequenciasdentro-de-um-ecossistema-aquatico/pagina1.html](http://www.webartigos.com/articles/10695/1/eutrofizacao-induzida-pelo-homem-e-suas-consequenciasdentro-de-um-ecossistema-aquatico/pagina1.html). Acesso em: 22 abril 2015.

NAVAL, L. P.; SILVA, C. D. F. e; SOUZA, M. A. A. de. **Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e Modificado (IET<sub>M</sub>) no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, Tocantins-Brasil.** Universidade Federal de Tocantins. Palmas, 2004.

OLIVEIRA, S. F.; CABRAL, J. B. P.; NOGUEIRA, P. F. **Avaliação da concentração de clorofila a e do IET durante o período chuvoso no reservatório da usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros – Caçu GO.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

OLIVEIRA, J. N. P.de; MATTOS, A.; BECKER, V. **Avaliação da eutrofização de um reservatório tropical semiárido.** XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, 2012. Disponível em: < [http://www.abrh.org.br/xisrhn/download/30-11/tarde-01\\_-\\_vanessa\\_becker\\_-\\_avaliacao\\_da\\_eutrofizacao.pdf](http://www.abrh.org.br/xisrhn/download/30-11/tarde-01_-_vanessa_becker_-_avaliacao_da_eutrofizacao.pdf)>. Acesso em: 26 de novembro de 2015.

PARRON, L. M; MUNIZ, D. H. de F; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Embrapa Florestas (ISSN 1980-3958; 219). Colombo – PR, 2011.

PIVELI, R. P. Curso: “**Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos**”. Fascículo 2 da Apostila Qualidade da Água – Introdução Geral do Curso de Química Sanitária e Ambiental, 2001.

Disponível em:

<http://xa.yimg.com/kq/groups/17682832/1780042550/name/Fasc%C3%83%C2%ADculo%20%20-%20Apostila%20Qualidade%20da%20%C3%83%20gua-Introdu%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o%20Geral.pdf>.

Acesso em 14 de maio de 2015.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. Embrapa Pecuária Sudeste : São Carlos, 2007. Disponível em:

<http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacaogra>

[tuita/documentos/Documentos70pdf/view](http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacaogra/tuita/documentos/Documentos70pdf/view)>. Acesso em: 02 jun. 2015.

American Public Health Association (APHA). RICE, Eugene W. et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington (DC): American Public Health Association (APHA), 2012.

ROSA, D. M. **A evolução da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul**. (Dissertação de Mestrado) 288p. São Paulo, 2012.

SANTOS, O. R. **Análise limnológica para avaliação do nível trófico em reservatório formado na implementação de uma PCH em rio do Peixe/SC com ênfase no parâmetro Fósforo**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

SILVA, J. A. **Nova configuração de um reator compartimentado anaeróbio/aeróbio para tratamento de esgoto sanitário de baixa carga**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.

SOUSA, I. V. A.; SOUZA, R. O.; PAULINO, W. D. **Cálculo do Índice de Estado Trófico em reservatório com estudo de caso no reservatório Acarape do Meio**. Universidade Federal do Ceará, 2007.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. ISBN 978-85-86238-66-6. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VALE do Taquari: Banco de Dados Regional *In*: Site da UNIVATES. Disponível em: <http://www.univates.br/institucional/univates-em-numeros>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

VALE do Taquari: Banco de Dados Regional *In*: Site da UNIVATES. Disponível em: <http://www.univates.br/institucional/campus>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

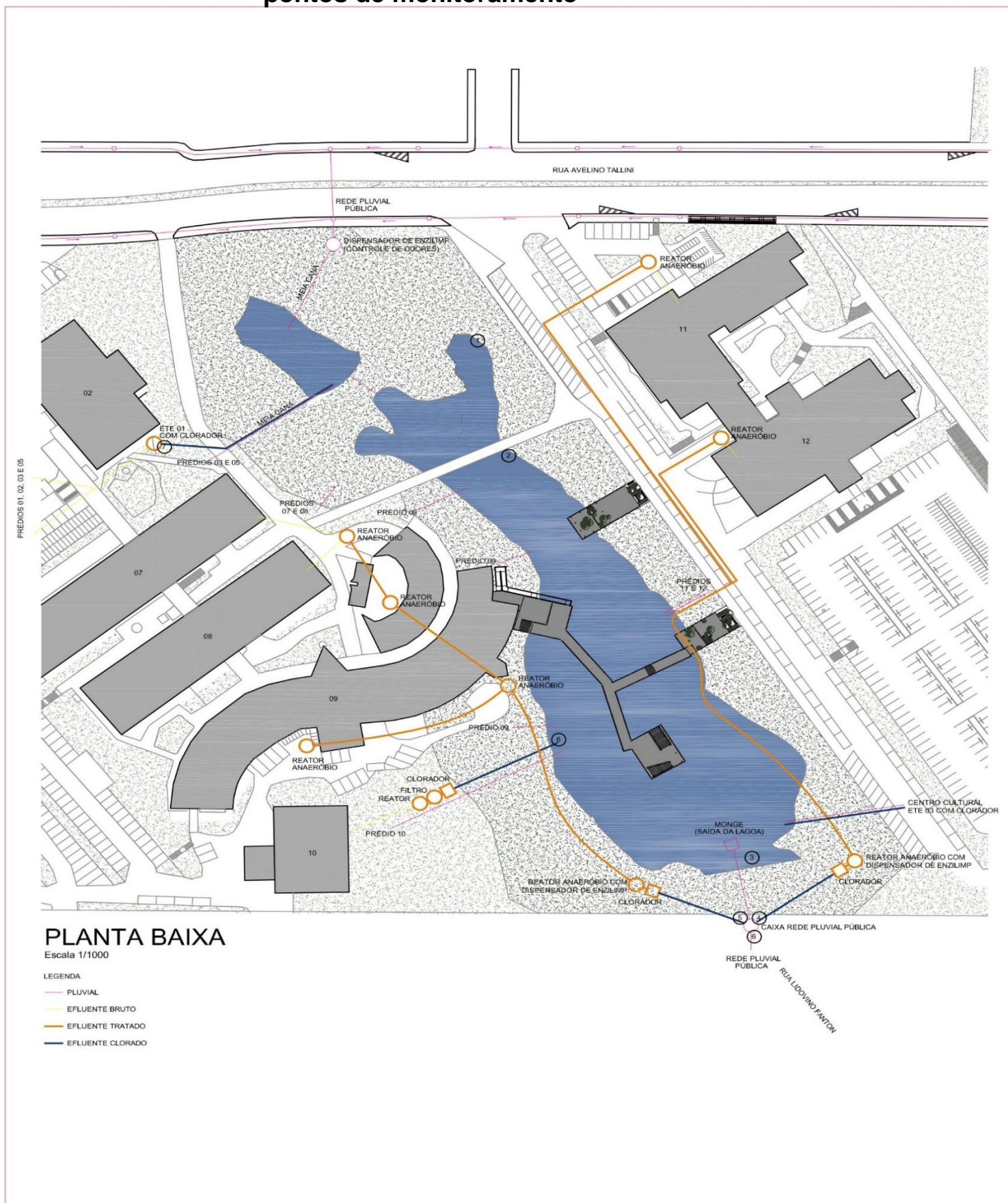
VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.



**VEIGA, B. V. Fatores intervenientes na dinâmica do Fósforo em ambientes lânticos – investigação sobre o reservatório de Alagados no estado do Paraná.** (Tese de Doutorado).112p. São Paulo, 2010.

## ANEXO

## ANEXO A – Planta Baixa de localização das redes do reservatório e pontos de monitoramento



## ANEXO B - Laudos das amostras de águas nos pontos de monitoramento



### LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)

#### RELATÓRIO DE ENSAIO

RELATÓRIO Nº: 20607/2015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1ª de Maio, 63 - Estrada - RS (Brasil)

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente

Data de recebimento: 29/07/2015

Hora do recebimento: 16:23

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 15,0 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 29/07/2015

Hora da amostragem: 14:30

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Bezanello

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 17,48 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 1º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR- UNIOG2 e o DC UNIOG4.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC -UNIOG2.

#### RESULTADOS:

Ensaio <sup>(referências)</sup>	Resultados	%Limite de Tolerância (%)	%Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total <sup>*,†</sup>	Não detectado	-	0,1 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total <sup>*,†</sup>	<2,0 mg/NL	-	2,0 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012.Método 4500 N C. Semi-Micro-Hjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 a 15 %

\*Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

†Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

† - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 130 de 11/07/2014

‡ - Cadastro na FEPAAM - Certificado nº: 00014 / 2015-OL

CRQ: 5ª região 00004245

Interpretação: Não aplicável

Os resultados refletem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

RM

Assinado digitalmente por:

Maria Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
0520083

Lajeado, 09 de Agosto de 2015.

RT - UNIOG2 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Avelino Tallini, 77 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil

CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027

unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br



TECNOVATES

PARA OS SEUS  
SERVIÇOS  
E TECNOLOGIAS



UNIVATES





**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 20652/2015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1ª de Maio, 63 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente

Data de recebimento: 29/07/2015

Hora do recebimento: 16:23

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 15,0 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 29/07/2015

Hora da amostragem: 15:00

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Bazzanella

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura da amostra: 17,45 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local da amostragem: 2º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR- UNIO65 e o DC UNIO94.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC -UNIO62.

**RESULTADOS:**

Ensaio <sup>(*)</sup>	Resultados	%Limite de Tolerância (%)	%Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	Não detectado	-	0,1 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012. Método 4500 N C. Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C UR: 50 ± 15 %

\*Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

\*\*Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014

† - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014 / 2015-OL

CRQ: 5ª região 00004245

Interpretação: Não aplicável

Os resultados refletem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial desta relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FIM

Assinado digitalmente por:

Marta Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
05200653

Lajeado, 06 de Agosto de 2015.

RS - UNIO62 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Avelino Taffini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

 **TECNOVATES**  
PAROLA, EQUIPADO  
E TECNOLOGICO  
UNIVATES

 **UNIVATES**

Digitally signed by MARTA CRISTINA DALLAZEN-05200653  
Date: 2015.08.06 17:19:53 -0300  
Subject: Relatório de Ensaio UNIANÁLISES CRL 05200653  
Location: BR



**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 20669/2015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1ª de Maio, 63 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente

Data de recebimento: 29/07/2015

Hora do recebimento: 16:23

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 15,0 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 29/07/2015

Hora de amostragem: 15:30

Responsável pela amostragem: Carolina Ely Ditzanella

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 16,50 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 3ª ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR- UN065 e o DC UN034.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC -UN062.

**RESULTADOS:**

Ensaio <sup>(*)</sup>	Resultados	Limite de Tolerância <sup>(*)</sup>	Limite de detecção/ quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	<0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	05/09/2015 a 06/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012. Método 4500 N C. Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 a 15 %

Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Instituto CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014

† - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014 / 2015-CL

CRC: 5ª região 00004245

Interpretação: Não aplicável

Os resultados refletem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FIM

Assinado digitalmente por:

Marta Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
05200653

Lajeado, 07 de Agosto de 2015.

RT - UN002 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Aveleira Tallini, 771 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil

CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027

unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

Digitally signed by MARTA CRISTINA DALLAZEN (05200653)  
Date: 2015.08.12 12:18:51 -0300  
Attribution: Não. Perm. unianalises@univates.br. Cript. MD5SHA1withRSA  
Localização: BR

 **TECN**OVATES  
PARQUE CIENTÍFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES

 **UNIVATES**



**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 206602015

Interessado: Jônia Atividades Com. Veet Ltda

Endereço: 1ª de Maio, 63 - Estrada - RS \ Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente

Data de recebimento: 29/07/2015

Hora do recebimento: 16:23

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 16,5 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 29/07/2015

Hora da amostragem: 15:45

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Sizenala

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura da amostra: 17,25 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local da amostragem: 4º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR- UN005 e o DC UN034.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN062.

**RESULTADOS:**

Ensaio <sup>(*)</sup>	Resultados	%Limite de Tolerância (%)	%Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	<0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	03/09/2015 a 04/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	05/09/2015 a 06/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012.Método 4500 N C. Semi-Micro-Hjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Instituto CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 130 de 11/07/2014

† - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014 / 2015-01.

CRC: 5ª região 00004245

Interpretação: Não aplicável

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

TIM

Assinado digitalmente por:

Mara Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
05200653

Lajeado, 07 de Agosto de 2015.

RT - UN002 Relatório de Ensaio, versão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Avulino Talini, 771 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

 **TECNOVATES**  
PARQUE CIENTÍFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES

 **UNIVATES**

Digitally signed by MARA CRISTINA DALLAZEN substitution  
Date: 2015.08.13 12:19:30 -0300  
Attribution: Não-Financiada/Indeclinável/Out-Of-Copyright/Impostor  
Localização: BR





**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**  
**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 286610015

Interessado: Júlia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1º de Maio, 63 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente

Data de recebimento: 29/07/2015

Hora do recebimento: 16:23

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 15,7 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 29/07/2015

Hora de amostragem: 16:00

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Sazanala

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura da amostra: 17,62 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 5º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR- UN005 e o DC UN004.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC -UN002.

**RESULTADOS:**

Ensaio <sup>int</sup>	Resultados	Limite de Tolerância (%)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	10/09/2015 e 11/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	05/09/2015 e 06/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012. Método 4500 N C. Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

<sup>int</sup>Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

<sup>det</sup>Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável.

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Instituto CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014

† - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014 / 2015-01

CRC: 5ª região 00004245

Interpretação: Não aplicável

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

RM

Assinado digitalmente por:

Maria Cristina Dalazen  
Gerente Técnica substituta  
05300553

Lajeado, 12 de Agosto de 2015.

RE – UN002 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1

UNIANÁLISES

Rua Aveleiro Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

 **TECNOVATES**  
PARQUE CIENTÍFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES

 **UNIVATES**

Digitally signed by MARIA CRISTINA DALAZEN-05300553  
Date: 2015.08.13 11:29:55 -0300  
URL: http://www.univates.br/cei/ver/ver.asp?doc=10004245  
Localidade: BR





**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 306470015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Vert. Ltda

Endereço: 1º de Maio, 83 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente final, Lago UNIVATES

Data de recebimento: 02/09/2015

Hora de recebimento: 16:00

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 21,4 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 02/09/2015

Hora de amostragem: 13:49

Responsável pela amostragem: Carolina Ely Sacanella

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 18,54 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 1 º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR-UN005 e o DC-UN004.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN002.

**RESULTADOS:**

Ensaio	Resultados	Limite de Tolerância (%)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	10/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012, Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg NL	-	2,0 mg/L	-	08/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012, Método 4500 N C, Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014

\* - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 02014/2015-DL

CRQ: 2ª região 00050345

Interpretação: Não aplicável

OBS: O cliente autorizou a realização das análises com a temperatura elevada.

PT= 0,085 mg/L

NT= 1,74 mg/L

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FIM

Assinado digitalmente por:

Maria Cristina Dallazen  
Gerente técnica substituta  
0520053

Lajeado, 14 de Setembro de 2015.

RE – UN002 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Ávelino Taffari, 771 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

**TECNOVATES**  
PARQUE CIENTÍFICO  
& TECNOLÓGICO  
UNIVATES

**UNIVATES**

Digital signed by MARIA CRISTINA DALLAZEN 05200533  
DN: 2015.09.14 09:59:57 -0300  
Autorização: Não tenho certeza (credenciamento) Cert: 00050345/2116  
Localização: RR



**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 309462015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1ª de Melo, 83 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente final, Lago UNIVATES

Data de recebimento: 03/09/2015

Hora do recebimento: 16:00

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 21,4 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 03/09/2015

Hora de amostragem: 14:00

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Sizenella

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 18,45 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 2º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR-UN005 e o DC-UN004.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN002.

**RESULTADOS:**

Ensaio	Resultados	Limite de Tolerância (*)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	03/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-B e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	08/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012 Método 4500 N C, Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

(\*) Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

(\*\*) Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

\* - Credenciamento no MAPA; Portaria nº 136 de 11/07/2014

\* - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 000141/2015-CL

CRQ: 2ª região 00004845

Interpretação: Não aplicável

OBS: O cliente autorizou a realização das análises com a temperatura elevada.

PT= 0,07 mg/L

NT= 1,04 mg/L

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FM

Assinado digitalmente por:

Marta Cristina Dallazen  
Gerente técnica substituta  
05202853

Lajeado, 14 de Setembro de 2015.

RE - UN002 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1

UNIANÁLISES

Rua Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

**TECNOVATES**  
ANÁLISES QUÍMICAS  
E TECNOLÓGICAS  
UNIVATES

**UNIVATES**

Digitally signed by MARTA CRISTINA DALLAZEN DN: cn=MARTA CRISTINA DALLAZEN, o=UNIANÁLISES, ou=UNIVATES, email=unianalises@univates.br, c=BR



**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 309480015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda

Endereço: 1º de Maio, 83 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente final, Lago UNIVATES

Data de recebimento: 03/09/2015

Hora de recebimento: 16:08

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 21,5 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 03/09/2015

Hora de amostragem: 14:40

Responsável pela amostragem: Carolina Dy Sizenella

Classe/tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 18,52 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 3º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR-UN005 e o DC-UN004.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN002.

**RESULTADOS:**

Ensaio	Resultados	Limite de Tolerância (*)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	10/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	2,8 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	08/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012. Método 4500 N C. Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

\*Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

\*\*Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

- - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014

\* - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014/2015-CL

CRQ: 5º região 00004245

Interpretação: Não aplicável

OBS: O cliente autorizou a realização das análises com a temperatura elevada.

PT= 0,075 mg/L

NT= 2,78 mg/L

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FM

Assinado digitalmente por:

Marta Cristina Dallazen  
Gerente técnica substituta  
02200523

Lajeado, 14 de Setembro de 2015.

RE - UN002 Relatório de Ensaio, revisão 14, página 1 de 1

UNIANÁLISES

Rua Avellino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil

CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027

unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

Digitally signed by MARTA CRISTINA DALLAZEN-02200523  
Date: 2015.09.14 10:01:55 -0300  
Arquivo: 50\_Firm\_unianalises@univates.br\_CRL\_00014\_2015-CL  
Localização: 88



**TECNOVATES**

PARALELO SCIENTIFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES



**UNIVATES**





**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 306602015

Interessado: Jânio Abatidade Com. Veet Ltda

Endereço: 1º de Maio, 83 - Estrela - RS | Brasil

Nº fiscal:

Material analisado: Efluente final, Lago UNIVATES

Data de recebimento: 02/09/2015

Hora do recebimento: 16:08

Data de validade: não aplicável

Temperatura no recebimento: 21,0 °C

Peso/Volume: 1 L

Amostragem:

Data de amostragem: 02/09/2015

Hora de amostragem: 15:00

Responsável pela amostragem: Caroline Ely Sizenela

Classe/ tipo de amostra: não informado

Temperatura de amostra: 16,69 °C

Temperatura ambiente: não informado

Local de amostragem: 4º ponto

Condições ambientais: não informado

Declaramos que:

Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR-UN005 e o DC-UN004.

Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN002.

**RESULTADOS:**

Ensaio <sup>(*)</sup>	Resultados	Limite de Tolerância (%)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	10/09/2015 e 10/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012. Método 4500-P e 4500-E.
Nitrogênio Total **	<2,0 mg N/L	-	2,0 mg/L	-	15/09/2015 e 15/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 2012. Método 4500 N C, Semi-Micro-Kjeldahl Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C

UR: 50 ± 15 %

\* Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.

\*\* Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.

(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):

\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754

\*\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 138 de 11/07/2014

\* - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014/2015-DL

CRQ: 5ª região 0009045

Interpretação: Não aplicável

OBS: O cliente autorizou a realização das análises com a temperatura elevada.

PT = 0,065 mg/L

NT = 1,74 mg/L

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FIM

Assinado digitalmente por:

Maria Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
05202653

Lajeado, 16 de Setembro de 2015.

RE - UN002 Relatório de Ensaio, versão 14, página 1 de 1.

UNIANÁLISES

Rua Avellino Tallini, 771 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 3714-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br



TECNOVATES

PARQUE CIENTÍFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES



UNIVATES

Digitaly signed by MARIA CRISTINA DALLAZEN 05202653  
Date: 2015.09.16 09:50:30 -03:00  
Autenticação: http://www.univates.univatesnet.com.br/COSE/SHA1/gm3tgc  
Localização: BR



**LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (Águas e Efluentes)**

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

RELATÓRIO Nº: 306610015

Interessado: Jônia Atualidades Com. Veet Ltda  
Endereço: 1º de Maio, 83 - Estrela - RS | Brasil  
NF fiscal:

Material analisado: Efluente final, Lago UNIVATES  
Data de recebimento: 03/09/2015  
Hora de recebimento: 16:06  
Data de validade: não aplicável  
Temperatura no recebimento: 21,3 °C  
Peso/Volume: 1 L

Amostragem: Temperatura da amostra: 18,83 °C  
Data de amostragem: 03/09/2015 Temperatura ambiente: não informado  
Hora de amostragem: 15:15 Local de amostragem: 5º ponto  
Responsável pela amostragem: Caroline Ely Bazevalle Condições ambientais: não informado  
Classe/ tipo de amostra: não informado

Declaramos que:  
Quando a amostragem é realizada pelo laboratório, a mesma segue o procedimento PR-UN065 e o DC-UN064.  
Quando o cliente é responsável pela amostragem, este recebeu instruções de amostragem conforme o DC-UN062.

**RESULTADOS:**

Ensaio	Resultados	Limite de Tolerância (*)	Limite de detecção/quantificação	Incerteza de Medição	Período Ensaio	Metodologia
Fósforo Total **	0,1 mg/L P	-	0,1 mg/L	-	10/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 3012. Método 4500-B e 4500-E.
Nitrogênio Total **	3,1 mg/NL	-	3,0 mg/L	-	10/09/2015 a 10/09/2015	Standard Methods, 22nd Edition, 3012. Método 4500 N C. Semi-Micro-Nitrogen Method p. 4-134.

Condição de realização do(s) ensaio(s): T: 20 - 25 °C UR: 50 a 15 %

\* Limite de tolerância: É a tolerância máxima aceitável para amostra indicativa ou, quando for o caso, representativa conforme estabelecido pela legislação utilizada.  
\* Limite de detecção/quantificação: É a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado.  
(\*) Legislação: Não aplicável

Credenciamentos (legenda):  
\* - Acreditação NBR ISO 17025:2005 concedida pelo Inmetro CRL 0754  
\* - Credenciamento no MAPA: Portaria nº 136 de 11/07/2014  
\* - Cadastro na FEPAM - Certificado nº: 00014 / 2015-CL  
CRQ: 5ª região 0000445

Interpretação: Não aplicável

OBS: O cliente autorizou a realização das análises com a temperatura elevada.

PT = 0,06 mg/L  
NT = 3,08 mg/L

Os resultados restringem-se à amostra entregue no Laboratório, e a reprodução parcial deste relatório somente será possível com a autorização prévia do Laboratório responsável.

FM

Assinado digitalmente por:

Marta Cristina Dallazen  
Gerente Técnica substituta  
05202953

Lajeado, 18 de Setembro de 2015.

RS - UN002 Relatório de Ensaio, versão 1.4, página 1 de 1.

UNIANÁLISES  
Rua Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 374-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

**TECNOVATES** **UNIVATES**  
ANÁLISES QUÍMICAS E TECNOLÓGICAS  
UNIVATES

Digitally signed by MARTA CRISTINA DALLAZEN 05202953  
Date: 2015.09.18 09:51:17 -03:00  
Arquivo(s) http://www.univates.com.br/assinaturas/ Cui: MD05q8m7g00g7  
Localização: BR







### DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que a empresa Loop - Indústria e Comércio Ltda - ME (Controle da Qualidade) encaminhou para o Laboratório de Análises Físico-químicas da UNIVATES, no dia 26/10/2015, cinco amostras de Efluente, as quais solicitavam as análises de Nitrogênio Total e Fósforo Total.

Os resultados obtidos durante os ensaios, estão descritos conforme tabela abaixo:

Protocolo	Nitrogênio Total	Fósforo Total
37099/2016	0,56 mg N/L	0,08 mg/L P
37100/2016	0,9 mg N/L	0,09 mg/L P
37101/2016	1,04 mg N/L	0,08 mg/L P
37102/2016	1,04 mg N/L	0,08 mg/L P
37103/2016	1,39 mg N/L	0,08 mg/L P

Sem mais para o momento, nos colocamos à disposição para mais esclarecimentos.

Assinado digitalmente por:

Lajeado, 04 de Novembro de 2015.

Claudia Andréia Gräf  
CRQ – 05202046  
Gerente Técnica  
Laboratório de Análises Físico-químicas  
Centro Universitário UNIVATES

Ao  
Controle da Qualidade  
Loop - Indústria e Comércio Ltda - ME  
Estrela/RS

RE - UN466 Declaração, revisão 01, página 1 de 1

UNIANÁLISES  
Rua Avelino Tolini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900-000 | Prédios 5 e 6 da Univates | Fone: (51) 374-7027  
unianalises@univates.br | www.unianalises.com.br

 **TECNOVATES**  **UNIVATES**  
PARQUE CIENTÍFICO  
E TECNOLÓGICO  
UNIVATES