

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
PROPOSTA PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BEATRIZ ALVES DE OLIVEIRA  
THALES PROFETA GAMA**

**ESTUDO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO PARAÍBA DO SUL NO  
TRECHO DE VOLTA REDONDA**

**VOLTA REDONDA, RJ  
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
PROPOSTA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO PARAÍBA DO SUL NO  
TRECHO DE VOLTA REDONDA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Alunos: Beatriz Alves de Oliveira e Thales Profeta Gama

Orientador: Prof. Mestre Marcus Vinícius Faria de Araújo.

Coorientador: Prof. Mestre Érika Fraga Rodrigues.

**VOLTA REDONDA, RJ  
2020**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda.**

Elaborado por **Beatriz Alves De Oliveira/ Matrícula:201520589** e **Thales Profeta Gama / Matrícula:201520444.**

Apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Ambiental

Aprovada em 15 de Julho de 2020

Banca examinadora

Professor Orientador

Prof.º Me Marcus Vinicius Faria de Araújo, UniFOA

Professor Avaliador

Prof.ª Dra Ana Carolina Callegaria Pereira, UniFOA

Professor Avaliador

Prof. Dr. André Fernão Martins de Andrade, IFRJ

Dedicamos esse trabalho primeiramente a Deus, que nos fortaleceu a cada dia.

E aos nossos pais e irmãos, que nos deram todo apoio para concluir mais uma etapa em nossas vidas

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus, por ter nos sustentado até aqui e nos dado força nos momentos difíceis. Aos nossos pais e irmãos, que nos incentivaram e apoiaram durante toda a nossa trajetória. Ao corpo docente e discente por toda ajuda durante o curso, sobretudo ao nosso orientador e nossa coorientadora que foram fundamentais para a conclusão desse projeto. A empresa AD Ambiental por fornecer os equipamentos necessários para as análises realizadas.

## RESUMO

Atualmente, a população mundial vem aumentando de forma acelerada e muitas vezes descontrolada. Conseqüentemente, os impactos causados no meio ambiente pelas atividades antrópicas crescem na mesma proporção. Um dos impactos notados em grande parte do planeta é a contaminação dos corpos hídricos por efluentes residenciais e industriais. Na região Sul Fluminense do Rio de Janeiro, por exemplo, um importante rio vem sendo afetado diariamente por esse problema: o Rio Paraíba do Sul. A fim de entender o que acontece com ele ao longo de seu percurso, este estudo foi realizado, visando estudar a sua capacidade de autodepuração no trecho de Volta Redonda. O objetivo desse trabalho foi realizar a análise do Rio Paraíba do Sul entre o bairro Ponte Alta e o bairro São Luís para verificar como está o processo de autodepuração do Rio Paraíba do Sul. Foram quantificados os afluentes que desaguam no rio. Para que fosse possível fazer essa análise, foram realizadas coletas superficiais e ensaios subsequentes à amostragem para os parâmetros de pH, temperatura, DBO e o OD em pontos que possuem acesso por pontes. Os resultados obtidos foram comparados aos encontrados a partir de um modelo matemático.

**Palavras-chave:** Autodepuração; corpo hídrico; análise; amostragem; contaminação

## **ABSTRACT**

Currently, the world population is increasing rapidly and often uncontrolled. Consequently, the impacts caused on the environment by human activities grow in the same proportion. One of the impacts noted in much of the planet is the contamination of water bodies by residential and industrial effluents. In the South Fluminense region of Rio de Janeiro, for example, an important river has been affected daily by this problem: the Paraíba do Sul River. In order to understand what happens to it along its path, this study was carried out, aiming study their self-purification capacity in the Volta Redonda section. The objective of this work was to carry out the analysis of the Paraíba do Sul River between the Ponte Alta and São Luís neighborhoods to verify the state of self-cleaning of the Paraíba do Sul River. The tributaries that flow into the river were quantified. In order to make this analysis possible, superficial collections and tests subsequent to sampling were performed for the parameters of pH, temperature, BOD and DO at points that are accessed by bridges. The results obtained were compared to those found from a mathematical mode.

Keywords: Self-purification; water body; analyze; sampling; contamination

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	4
1.1	Problema abordado .....	5
1.2	Justificativa .....	5
1.3	Estratégias de pesquisa .....	5
1.4	Estrutura do projeto .....	6
1.5	Objetivo Geral .....	6
1.6	Objetivos Específicos .....	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
2.1	Rio Paraíba do Sul .....	7
2.2	Classificação de Bacia Hidrográfica .....	7
2.3	Contaminação .....	7
2.4	Poluição.....	7
2.5	Autodepuração .....	8
2.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	8
2.7	Oxigênio Dissolvido (O.D.) .....	9
2.8	Temperatura .....	9
2.9	Potencial Hidrogeniônico.....	9
2.10	Calibração .....	9
2.11	Incerteza de Medição .....	10
2.12	Garrafa de Van Dorn .....	10
2.13	Multiparâmetro .....	11
2.14	Medidor de nível d'água .....	11
2.15	Legislação Aplicada.....	12

2.16	Modelo matemático .....	12
3	METODOLOGIA.....	14
3.1	Área de estudo .....	14
3.2	Local de amostragem .....	16
3.3	Pontos de amostragem .....	20
3.4	Procedimento de Amostragem .....	21
3.5	Prática de amostragem .....	23
3.6	Método de análise .....	30
3.7	Verificação de interferências .....	32
3.8	Modelo matemático .....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	34
4.1	Despejos identificados.....	34
4.2	Medições e resultados.....	35
5	CONCLUSÃO.....	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação OD x DBO .....	8
Figura 2: Garrafa de Van Dorn .....	10
Figura 3: Medidor Multiparâmetro .....	11
Figura 4: Medidor de nível de água.....	12
Figura 5: Fluxograma de atividades .....	14
Figura 6: Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul .....	15
Figura 7: Trecho de estudo do Rio Paraíba do Sul .....	16
Figura 8: Locais estabelecidos para realização das amostragens. ....	17
Figura 9: Imagem aérea da Ponte Castelo Branco .....	18
Figura 10: Imagem aérea da ponte Paulo de Frontim. ....	18
Figura 11: Imagem aérea da Ponte da Radial Leste. ....	19
Figura 12: Ponte que representa o local 4, à jusante do trecho em estudo. ....	19
Figura 13: Definição dos pontos de amostragem e sua identificação. ....	20
Figura 14: Medidor de nível d'água utilizado. ....	25
Figura 15: Leitura do nível d'água e profundidade (local 1).....	26
Figura 16: Leitura do nível d'água e profundidade vista de cima (local 3).....	26
Figura 17: Preparação da garrafa de Van Dorn .....	27
Figura 18: Coleta da amostra. ....	28
Figura 19: Transferência da amostra para frasco de leitura do multiparâmetro. ....	28
Figura 20: Procedimento de análise da amostra. ....	29
Figura 21: Leitura dos parâmetros pré determinados.....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação de pH .....	37
Gráfico 2: Variação de Temperatura .....	39
Gráfico 3: Variação de OD .....	40
Gráfico 4: Variação de DBO .....	41
Gráfico 5: Estimativa de DBO à jusante .....	43
Gráfico 6: Estimativa de OD à jusante .....	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos locais de amostragem.....	16
Quadro 2: Identificação e posição dos pontos de amostragem.....	21
Quadro 3: Horário programado para início de coleta. ....	24
Quadro 4: Medições e resultados.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cálculo de DBO remanescente. ....	42
Tabela 2: Cálculo de OD. ....	44

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
NA	Nível d'água
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PM	Ponto de monitoramento

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A

Ficha de campo

APÊNDICE B

Cadeia de custódia

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Certificado de Calibração
ANEXO B	Atlas Esgoto

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a qualidade da água em rios, mares e lagos brasileiros causa preocupação em toda a população. A poluição dos corpos hídricos afeta toda a sociedade num geral e vem aumentando proporcionalmente ao seu crescimento. As causas são variadas. Vão desde a falta de educação ambiental à falta de saneamento básico (MENEZES *et al.*, 2014).

Sabe-se que o meio ambiente não é um dos principais focos dos governantes brasileiros. Então, pouco se investe em educação ambiental no país. O resultado disso são pessoas desinformadas que não sabem as consequências de jogar o resíduo nas ruas e nos rios, de separá-lo em casa e para onde ele é destinado. Esse descarte incorreto ocasiona muitas vezes a poluição e conseqüente contaminação do corpo hídrico.

Um outro problema já citado anteriormente é a falta de saneamento básico em diversas cidades do país. Os efluentes domésticos acabam sendo despejados diretamente nos rios, sem haver também nenhum tipo de tratamento prévio (LEONETI *et al.*, 2011).

Além disso, com todos os despejos a contaminação acaba por chegar aos animais aquáticos do local. Esses poluentes são passados de um ser vivo para o outro ao longo da cadeia alimentar por conta da bioacumulação, podendo chegar aos seres humanos ao final desse processo (COUTINHO, 2018).

Por mais que toda essa contaminação afete diariamente os corpos hídricos, os mesmos possuem uma capacidade natural de se autodepurar. A grande questão é que com o crescimento populacional, os despejos têm superado essa capacidade, matando aos poucos esses rios (SPERLING, 1996).

Em virtude desses fatores, é necessário analisar a água dos rios, sobretudo em trechos urbanizados, para verificar se o rio está sendo capaz de se autodepurar com a carga de despejos atual ou se é necessário tomar alguma medida para tornar isso possível.

## 1.1 Problema abordado

Na região Sul Fluminense, o responsável pelo abastecimento de água de boa parte da população é o Rio Paraíba do Sul. Ele recebe diariamente uma série de despejos, tanto residenciais quanto industriais, que muitas vezes não são tratados e o contaminam. Assim como os demais corpos hídricos, possui uma capacidade de se recuperar sob determinadas condições. De acordo com o atual cenário, busca-se saber se há eficiência na autodepuração no Rio Paraíba do Sul no trecho entre os bairros Ponte Alta e São Luis, em Volta Redonda.

## 1.2 Justificativa

A grande parcela da população do Estado do Rio de Janeiro é abastecida, ou de alguma outra forma, é beneficiada pelas águas do Rio Paraíba do Sul. Este é sem dúvidas, um dos principais motivos para o crescimento da região Sul Fluminense, por fornecer de forma contínua recurso hídrico para indústrias instaladas próximas às suas margens. A morte de um rio com tamanha importância iria gerar consequências inimagináveis na economia, no desenvolvimento sustentável e no meio ambiente.

Outra razão que gera preocupação com a baixa qualidade do Rio Paraíba do Sul está relacionada com o cultivo da pesca. Ainda hoje é possível identificar parte da população que utiliza o Rio Paraíba do Sul para pesca esportiva e também, como fonte de alimento. Se a capacidade de autodepuração não for suficiente, e nenhuma ação for tomada, rapidamente todo o ecossistema aquático estará comprometido.

## 1.3 Estratégias de pesquisa

Por envolver a inserção de informações coletadas *in loco* comparadas com os resultados teóricos obtidos pelo modelo matemático de Streeter e Phelps, o trabalho se trata de uma pesquisa aplicada. Seus objetivos tem características exploratórias, pois buscam entender a realidade quanto à autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho

de estudo. A abordagem é combinada, pois conta com análise qualitativa e quantitativa. Quanto ao método de pesquisa, envolve modelagem e simulação de dados.

#### **1.4 Estrutura do projeto**

O projeto foi estruturado em um estudo de caso específico do trecho analisado e em seguida, foi realizada sua avaliação por métodos práticos. No estudo de caso, foi abordado o processo da autodepuração do rio, sua contaminação nos dias atuais e a sua importância para a região Sul Fluminense. Na prática, foram descritos os procedimentos de coleta e ensaio, os dados obtidos com as análises e o cálculo da sua correlação com o modelo matemático de Streeter e Phelps, além de avaliadas as condições ambientais em que o trecho em estudo está submetido.

#### **1.5 Objetivo Geral**

Verificar se o Rio Paraíba do Sul é capaz de se autodepurar com os atuais despejos lançados ao longo do percurso em estudo. E verificar a compatibilidade do modelo matemático de Streeter e Phelps com a realidade de evolução da matéria orgânica no trecho em estudo.

#### **1.6 Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar os principais afluentes que desaguam no Rio Paraíba do Sul através de imagens de satélite e observação pela margem acessível;
- ✓ Coletar amostras ao longo do percurso do Rio Paraíba do Sul à partir das pontes que possuem acesso à pedestres;
- ✓ Analisar as amostras coletadas utilizando os parâmetros previamente estabelecidos;
- ✓ Calcular através do modelo matemático de Streeter e Phelps a autodepuração do rio em estudo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Rio Paraíba do Sul**

O Rio Paraíba do Sul é resultante da convergência entre Paraíba do Sul e Paraitinga, em São Paulo. Percorre uma parte desse estado e depois passa por Minas Gerais, chegando em seguida ao Rio de Janeiro, onde desagua.

Em seu leito, encontram-se alguns reservatórios de usinas hidrelétricas, como Funil e Santa Branca.

Os principais usos de sua água são para abastecimento, irrigação, geração de energia elétrica e diluição de esgotos. Os despejos de esgotos no curso do rio são, atualmente, a sua principal fonte poluidora, causando preocupação em milhares de pessoas que dependem dele para sobreviver (ANA, 2011).

### **2.2 Classificação de Bacia Hidrográfica**

A classificação e codificação de bacias hidrográficas variam de acordo com os critérios de cada instituição. Segundo a CONAMA 357, os corpos de água devem ser classificados de acordo com a qualidade necessária para atender as necessidades da população local, não dependendo do seu estado atual (BRASIL, 2005).

### **2.3 Contaminação**

A contaminação é quando ocorre a introdução de um agente externo indesejável em um local não contaminado (ACIESP, 1987).

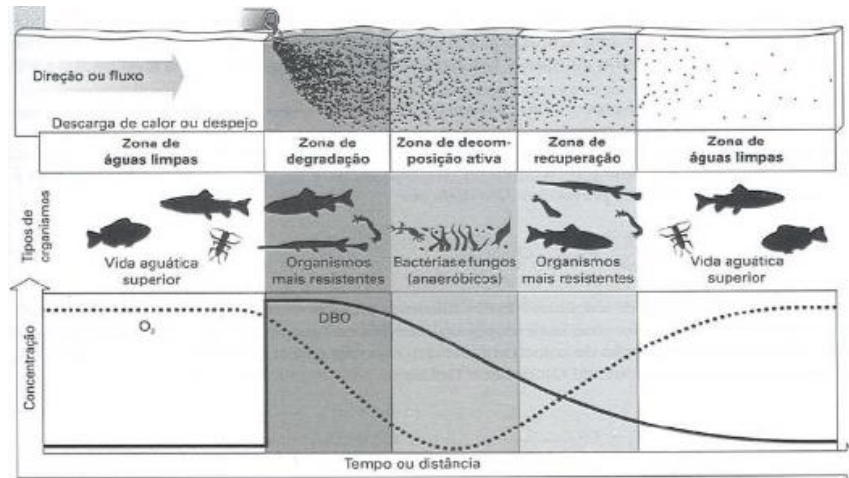
### **2.4 Poluição**

Segundo o artigo 3º, inciso III da lei 6.938/81, a poluição é uma degradação do meio ambiente através de atividades que possam prejudicar a saúde, segurança e bem estar dos cidadãos, que criem condições contrárias às atividades sociais e econômicas, que afetem de forma negativa os seres vivos e as condições estéticas ou sanitárias do

meio ambiente ou ainda que lancem materiais ou energia fora dos padrões ambientais estabelecidos previamente (BRASIL, 1981).

## 2.5 Autodepuração

A autodepuração é um processo natural dos rios em que ocorre a neutralização de cargas orgânicas que forem despejadas nos mesmos. Para que ela ocorra, há uma junção de diversos fatores e parâmetros, sejam eles físicos, químicos ou biológicos. Com esse mecanismo, as condições iniciais de equilíbrio do ecossistema aquático são atingidas novamente. A figura 1 indica a relação de OD x DBO (VON SPERLING, 1996).



**Figura 1: Relação OD x DBO**

Fonte: Braga *et al*, 2005

## 2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Demanda Bioquímica de Oxigênio ou DBO é um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da água. Ela equivale a concentração de matéria orgânica biodegradável inicial, ou seja, a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica. Quanto menor o nível da DBO, menos poluído organicamente está o corpo hídrico (MATOS *et al*, 2014; ESTEVES, 2011).

## **2.7 Oxigênio Dissolvido (O.D.)**

Oxigênio dissolvido ou OD é a concentração de oxigênio presente na água. É um parâmetro importante na definição da qualidade da água pelo fato de o O<sub>2</sub> estar presente em diversos processos físico-químicos ocorrentes nesse sistema. Um corpo hídrico com uma carga orgânica acentuada tende a ter menos OD. Além disso, ele é imprescindível para a sobrevivência de organismos aquáticos (ESTEVES, 2011).

## **2.8 Temperatura**

É um fator importante a ser analisado na água, uma vez que mudanças bruscas de temperatura podem afetar a fauna e flora local. Pode influenciar também na química da água (DELPLA *et al.*, 2011; BERNARDO *et al.*, 2006).

## **2.9 Potencial Hidrogeniônico**

Potencial Hidrogeniônico ou pH é um dos fatores mais conhecidos de avaliação da qualidade da água. Basicamente é a concentração dos íons de hidrogênio na água. Ele varia de 0 a 14, sendo classificado em ácido, alcalino ou neutro. Um pH igual à 7 é considerado neutro. Já o pH abaixo de 7 é classificado como ácido. E acima de 7, um pH alcalino (ESTEVES, 2011).

## **2.10 Calibração**

A calibração corresponde à uma série de ações que visam correlacionar os valores indicados por um instrumento de medição e os valores das grandezas estabelecidas por padrões. Visando transparecer o resultado, é necessário que os instrumentos de medição sejam calibrados por empresas que possam comprovar competência, com capacidade de medição e rastreabilidade, transcritos em um certificado de calibração. Um certificado de calibração, normalmente é composto por informações de fábrica do equipamento, resultado de medição sobre padrões

rastreáveis, incerteza de medição estimada e declaração de conformidade rastreável ao Sistema Internacional de Unidades (ABNT, 2017).

### 2.11 Incerteza de Medição

A incerteza de medição remete à uma dúvida quanto à validade do valor mensurado em uma determinada medição. Pode ser interpretado como um parâmetro que aponta a divergência dos valores, podendo ser agregado ao valor mensurado como uma forma de estender o valor real devido à uma dúvida de medição (JCGM, 2008).

### 2.12 Garrafa de Van Dorn

Equipamento utilizado para a coleta de água por amostras estratificadas em diferentes profundidades. Trata-se de uma garrafa que permite o fluxo de água através de duas comportas. Possui o mensageiro, que consiste em um peso de aço inox, responsável por acionar o gatilho responsável pelo fechamento das comportas, preservando a integridade da amostra conforme é encontrada no meio (ANA, 2011).

Tal equipamento está sendo representado na figura 2.



Figura 2: Garrafa de Van Dorn  
Fonte: Didática SP, 2020

### 2.13 Multiparâmetro

O multiparâmetro é um instrumento utilizado para medir as propriedades físico químicas da água, tais como OD, Potencial de Oxi-Redução, pH, condutividade e temperatura. A medição é feita por uma sonda, que transmite as leituras feitas pelo sensor ao visor (HANNA, 2017).

A figura 3 a mostra tal equipamento.



Figura 3: Medidor Multiparâmetro  
Fonte: HANNA, 2017

### 2.14 Medidor de nível d'água

Equipamento para realizar a verificação do nível de água. Possui graduação em toda a extensão e um sensor de água na ponta. Ao tocar na superfície com água, emite um alerta sonoro (SAUBER, 2018). A figura 4 demonstra esse equipamento.



Figura 4: Medidor de nível de água  
Fonte: SAUBER, 2018

## 2.15 Legislação Aplicada

Existem algumas normas e leis que definem diversos padrões para água, como por exemplo a resolução CONAMA 357, Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Recursos Hídricos.

A resolução CONAMA 357, criada em 17 de março de 2015, aborda a classificação dos corpos de água e seu enquadramento. Estabelece, também, os padrões e condições para lançamento de efluentes em corpos hídricos (BRASIL, 2005).

A lei nº 11.445, criada em 5 de janeiro de 2007, determina um plano para o saneamento básico do país e para a política federal de saneamento básico (BRASIL, 2007).

A lei nº 9.433, instituída em 8 de janeiro de 1997, estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e ainda muda a lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1989 (BRASIL, 1997).

## 2.16 Modelo matemático

Existem alguns modelos matemáticos que descrevem o processo da autodepuração dos rios. Dois bastantes utilizados são o de Eckenfelder e o de Streeter e Phelps. O segundo é semelhante ao primeiro, porém, foi amplamente utilizado nos

trabalhos dos últimos anos e serviu como base para inúmeros outros modelos mais complexos. (ECKENFELDER, 1967; STREETER e PHELPS, 1925).

O modelo matemático Streeter-Phelps descreve que a taxa de decomposição de matéria orgânica na água é proporcional a concentração da matéria orgânica. No balanço de oxigênio, são analisados a sua produção pela reaeração e o seu consumo pela degradação da matéria orgânica. Analisa o processo a partir de uma vazão constante e um lançamento de efluente pontual (ANDRADE, 2010; ECKENFELDER, 1967; STREETER e PHELPS, 1925).

### 3 METODOLOGIA

O processo de estudo de autodepuração do Rio Paraíba do Sul, consistiu numa abordagem quantitativa dos afluentes que desagüam no corpo hídrico em questão, bem como análise qualitativa dos parâmetros de DBO, OD, temperatura e pH. Foram realizadas coletas em pontos previamente determinados e assim, comparados graficamente o desempenho da autodepuração e a variação natural dos parâmetros em questão. Ao final dos processos de amostragem e ensaios da água do rio, tornou-se viável a verificação da capacidade do corpo hídrico realizar naturalmente a autodepuração no trecho de Volta Redonda. Pode-se acompanhar o fluxograma das atividades na figura 5.

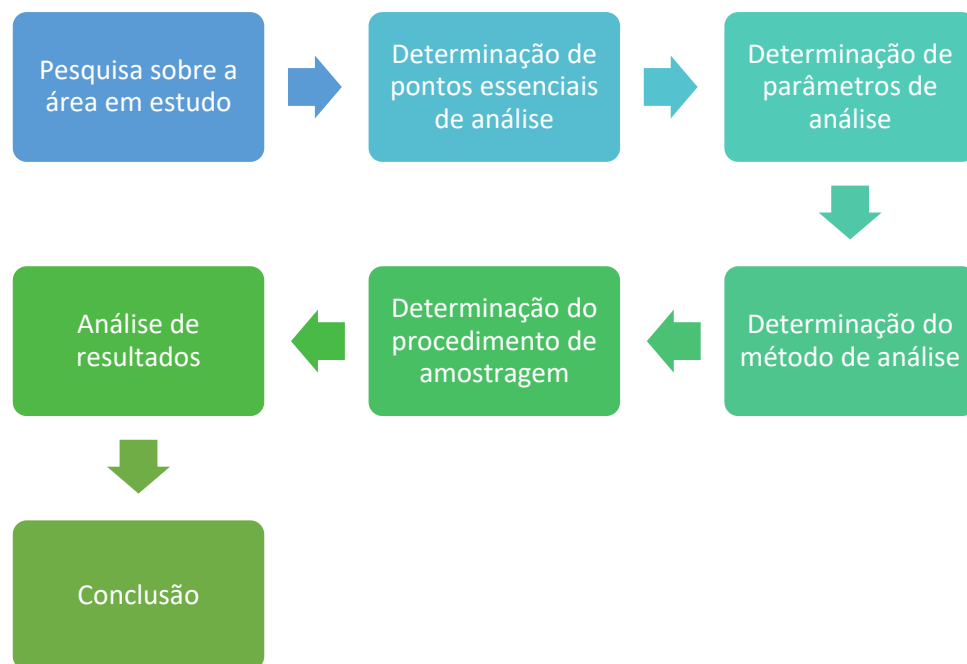


Figura 5: Fluxograma de atividades  
Fonte: Os próprios autores

#### 3.1 Área de estudo

A abordagem metodológica se iniciou com a revisão bibliográfica do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda (RJ), contabilizando os principais afluentes do rio entre os bairros Ponte Alta ( $22^{\circ}31'35.6''S$   $44^{\circ}08'09.5''W$ ) e São Luis ( $22^{\circ}28'42.4''S$

44°03'46.9"W), através de imagens aéreas e acompanhamento presencial. Assim, foram analisados os indicadores de poluição orgânica nesse trecho, ocasionados por meio de emissões de esgoto sanitário e industriais no percurso (Google maps, 2019).

O Rio Paraíba do Sul passa por 3 estados brasileiros, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. E de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, se enquadra na classe 2 de águas doces. A figura 6 é um mapa que demonstra a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2007; BRASIL, 2005).



Figura 6: Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul  
Fonte: AGEVAP, 2007.

O trecho em questão possui extensão de 13,85 km em sua maior trajetória., Em seu percurso, é possível identificar 3 pequenas ilhas, e o percurso alternativo da água nessas 3 ilhas são de respectivamente 831m (iniciando em 22°30'25,0"S e 44°07'04,0"W e terminando em 22°30'14,3"S e 44°06'39,9"W), 915m (iniciando em 22°29'35,2"S e 44°05'06,8"W e finalizando em 22°29'08,8"S e 44°05'19,7"W) e 344,5m (iniciando em 22°29'33,4"S e 44°05'14,5"W e finalizando em 22°29'23,1"S e 44°05'13,2"W). Assim, realizando a somatória dos fragmentos descritos acima, o trecho em estudo possui extensão total de 15.940,5m. Ele pode ser visto na figura 7, que mostra uma imagem aérea aproximado do local de estudo (Google maps, 2019).



Figura 7: Trecho de estudo do Rio Paraíba do Sul  
 Fonte: Google Maps, 2019, adaptado.

### 3.2 Local de amostragem

Os locais de amostragem foram definidos através da praticidade de acesso por meio de pontes que permitem a passagem de pedestres com segurança e parapeito. Dessa maneira, pôde-se analisar a recuperação do rio após a sua passagem pela principal indústria e o centro da cidade. O quadro 1 indica as coordenadas geográficas dos locais de amostragem, extraídas do centro de cada uma das pontes.

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos locais de amostragem

Identificação	Latitude	Longitude	Referência
Local 1	22°31'35.4" S	44°08'09.5" W	Pte. Castelo Branco
Local 2	22°30'04.5" S	44°05'25.8" W	Pte. Pequetito Amorim
Local 3	22°30'06.7" S	44°04'34.1" W	Pte. Radial Leste
Local 4	22°28'42.3" S	44°03'47.0" W	Pte. Rod. Lúcio Meira

Fonte: Google maps, 2019

Os locais representam bem o percurso do rio, caracterizando-o à montante da cidade, seguido pelo trecho de maior urbanização e por fim um local de análise à jusante.

A figura 8 demonstra os locais de amostragem ao longo do fragmento em estudo (BRASIL, 2016).

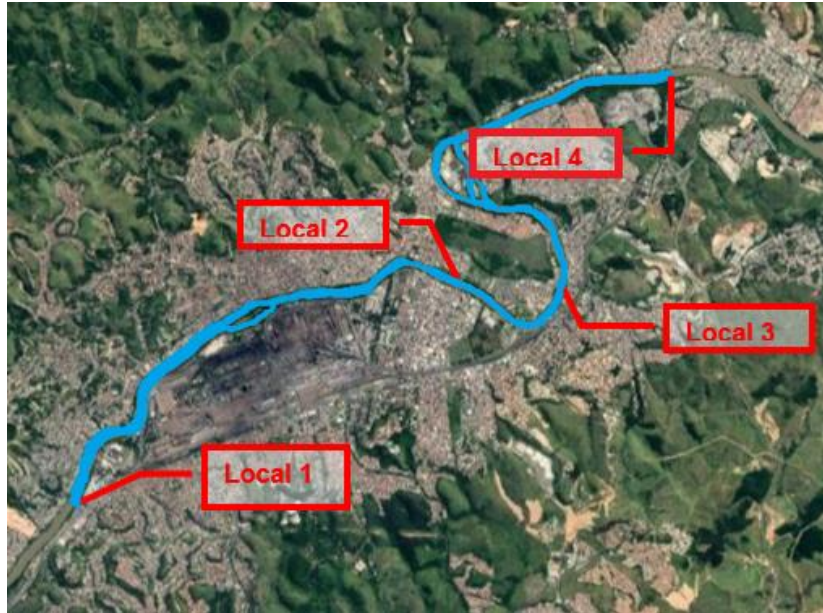


Figura 8: Locais estabelecidos para realização das amostragens.  
Fonte: Google maps, 2019, adaptado.

### 3.2.1 Local 1

Localizado à montante da cidade de Volta Redonda, o local 1 está definido sobre a Ponte Castelo Branco, única localização que não tem interferências diretas dos efluentes gerados pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), bem como do trecho urbanizado da cidade. A figura 9 demonstrando a localização 1.



Figura 9: Imagem aérea da Ponte Castelo Branco  
Fonte: Google maps, 2019.

### 3.2.2 Local 2

Distante aproximadamente 6000 metros do local 1, está localizada a Ponte Pequetito Amorim, definido para avaliar a variação dos parâmetros no trecho de maior contribuição das redes de drenagem da cidade. A figura 10 representa a imagem aérea do local 2.



Figura 10: Imagem aérea da ponte Paulo de Frontim.  
Fonte: Google maps, 2019.

### 3.2.3 Local 3

Caracterizada por iniciar o fim do trecho de maior urbanização, reduzindo as interferências no Rio Paraíba do Sul, a ponte que foi definida como Local 3 está representada na figura 11.



Figura 11: Imagem aérea da Ponte da Radial Leste.  
Fonte: Google maps, 2019.

### 3.2.4 Local 4

A ponte definida como local 4 é o ponto mais à jusante da cidade, representando o fim do trecho em estudo, como pode ser observado na figura 12.



Figura 12: Ponte que representa o local 4, à jusante do trecho em estudo.  
Fonte: Google maps, 2019.

### 3.3 Pontos de amostragem

Em seguida, foram estudados os pontos de amostragem, sendo definidos 3 pontos em cada local: 1 ponto à margem esquerda no sentido do corpo hídrico, 1 ponto à margem direita e 1 ponto no centro do corpo hídrico para análise de pH, temperatura e OD. Dessa maneira, pôde-se avaliar interferências de poluentes sendo lançados próximos ao ponto de amostragem da DBO. A identificação dos pontos, representada na figura 13, se deu através da sigla de Ponto de Monitoramento (PM) seguida de um traço (-) com o número que representa o local de amostragem (Ex: 01) e a letra inicial correspondente à posição no corpo hídrico (Ex: E = esquerda, C = centro e D = direita) (VIEIRA *et al.*, 2014).

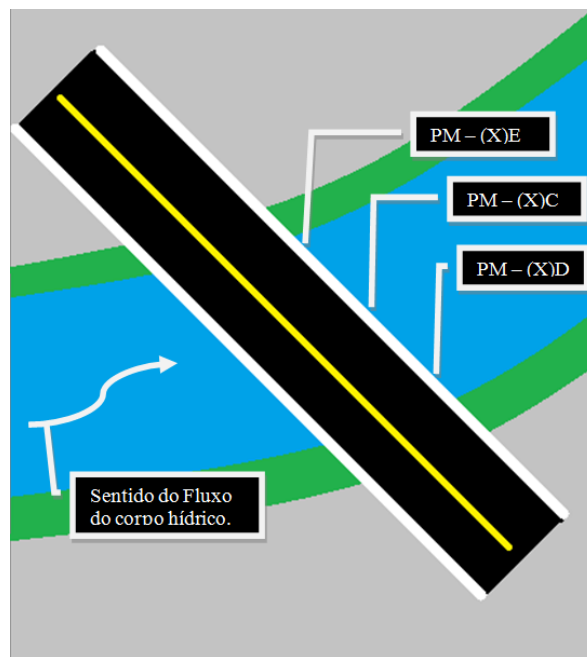


Figura 13: Definição dos pontos de amostragem e sua identificação.  
Fonte: Os próprios autores.

O ponto no centro do corpo hídrico, além do ensaio químico dos parâmetros de pH, temperatura e OD, contou também com a análise de DBO. O quadro 2 indica os pontos de amostragem, descrevendo a posição em relação à margem do rio em que foi realizada a coleta.

Quadro 2: Identificação e posição dos pontos de amostragem

Ponto	Margem direita	Margem esquerda	Centro	Local
PM 1-D	X			Local 1
PM 1-E		X		Local 1
PM 1-C			X	Local 1
PM 2-D	X			Local 2
PM 2-E		X		Local 2
PM 2-C			X	Local 2
PM 3-D	X			Local 3
PM 3-E		X		Local 3
PM 3-C			X	Local 3
PM 4-D	X			Local 4
PM 4-E		X		Local 4
PM 4-C			X	Local 4

O quadro 1 e quadro 2 foram utilizadas como plano de amostragem, sendo necessário a realização do procedimento de amostragem descrito a seguir em cada ponto de coleta.

### 3.4 Procedimento de Amostragem

O procedimento de amostragem é realizado para estabelecer uma padronização da tarefa à ser executada, de modo que assegure que as interferências internas de equipamentos e instrumentos de medição sejam as mesmas em todos os pontos. O seguimento da padronização assegura também que as incertezas de medições sejam aquelas que influenciam de menor maneira na comparação entre os resultados apresentados em cada ponto (ANA, 2011; APHA, 2017).

Durante as atividades priorizou-se a segurança da equipe executante da amostragem, bem como aqueles envolvidos no auxílio do transporte, medições de campo e laboratorial (ANA, 2011).

Para as atividades de amostragem, a equipe utilizou calçado fechado, calça comprida e camiseta de manga. Após esta etapa, foi utilizado como procedimento de amostragem o seguinte passo a passo:

### 3.4.1 Referente ao local

- a) Certificar a segurança do ponto escolhido para montar os equipamentos;
- b) Assegurar que o local está limpo e livre de potencial contaminação na amostra à ser coletada (ANA, 2011).

### 3.4.2 Referente à amostragem

- a) Certificar que todos os equipamentos, instrumentos de medição, frascos e insumos estão higienizados e/ou prontos para utilização;
- b) Escolher o local e o ponto à ser amostrado, conforme plano de amostragem;
  - a) Preparar os frascos com etiqueta de identificação e preservante, se necessário;
  - b) Certificar que não haja confluências no corpo hídrico no ponto de amostragem;
  - c) Realizar a batimetria dos pontos de amostragem;
  - d) Preparar a corda com a medida de meia profundidade para preparo da garrafa de Van Dorn;
  - e) Armar o gatilho da garrafa de Van Dorn de modo que permaneça aberta até o ponto ideal da amostragem;
  - f) Submergir a garrafa de Van Dorn até que a mesma permaneça à meia profundidade do leito do corpo hídrico;
  - g) Aguardar o fluxo de água da meia profundidade passar totalmente pela garrafa;
  - h) Lançar o mensageiro com a corda totalmente tensionada na vertical;
  - i) Emergir a garrafa de profundidade, puxando a corda até a passarela da ponte;
  - j) Transferir parte da amostra para o copo de medição do multiparâmetro;
  - k) Transferir parte da amostra para o frasco de DBO;
  - l) Preencher a ficha de coleta e etiqueta do frasco conforme a data da coleta e hora da coleta;

m) Higienizar e recolher todos os equipamentos e instrumentos de medição e deslocar-se para o próximo ponto (ANA, 2011; APHA,2017).

### **3.4.3 Referente ao ensaio**

- a) Certificar que as calibrações dos instrumentos de medição estão de acordo com as expectativas de resultados;
- b) Verificar a calibração dos parâmetros que serão utilizados para análise da autodepuração;
- c) Rosquear a sonda do multiparâmetro no copo de medição, de maneira que não haja presenta de bolha;
- d) Aguardar a estabilização dos parâmetros à serem medidos para registro dos dados;
- e) Registrar a leitura dos parâmetros na ficha de campo com os valores encontrados, data da coleta, hora da coleta, hora da leitura dos parâmetros e observações relevantes;
- f) Preservar a amostra de DBO em isopor ou cooler com gelo à temperatura entre 2°C e 6°C;
- g) Iniciar a medição de DBO em até 48h (ANA,2011; APHA, 2017).

\*Frasco para coleta de DBO: (P) Frasco plástico descartável de polímero inerte.

## **3.5 Prática de amostragem**

As amostragens foram realizadas no dia 15 de março, com o intuito de possuir maior mobilidade entre os deslocamentos e por ser um domingo atípico com redução de circulação devido a pandemia do Covid-19. A velocidade média considerada do Rio Paraíba do Sul foi de 1,65m/s, calculada anteriormente com a observação de um dejetos se deslocando sobre a superfície do rio em um trecho com comprimento conhecido e um cronômetro, estabelecendo a relação de distância e tempo.

Dessa maneira, para os 4 locais estabelecidos para amostragem, havia um horário esperado para início da amostragem, visando coletar a mesma massa d'água

durante todo o estudo. O quadro 3 contém as informações de horários previstos, executado, ideal e a diferença entre eles.

Quadro 3: Horário programado para início de coleta.

Local	Horário previsto	Horário executado	Horário ideal	Diferença
1	A	14:24	14:24	-
2	B = A + 1h	15:24	15:24	-
3	C = B + 20 minutos	16:09	15:44	+ 25 minutos
4	D = C + 58 minutos	17:00	16:42	+ 18 minutos

Ocorreu uma demora no deslocamento entre o local 2 e o local 3, o que ocasionou no atraso da coleta nos pontos do local 3 e do local 4.

A batimetria foi realizada conforme planejado. Inicialmente, realizou-se a medição do parapeito da ponte, acrescentando 2 metros de segurança para amarração da garrafa de Van Dorn. A altura da ponte foi medida para agregar na extensão da corda de imersão, bem como a metade da profundidade do leito do rio. Em seguida, realizou-se a demarcação na corda, para que a garrafa fosse imergida até a profundidade ideal.

A figura 14, demonstra o medidor utilizado nas medições de profundidade, nível superficial da água e altura do parapeito.



Figura 14: Medidor de nível d'água utilizado.  
Fonte: Os próprios autores

As leituras foram realizadas com a trena de profundidade tensionada, para evitar a formação de barrigas na fita graduada e conseqüentemente, erros na medição. Na figura 15 pode ser observada a realização da leitura da fita graduada durante a medição da superfície.



Figura 15: Leitura do nível d'água e profundidade (local 1).  
Fonte: Os próprios autores

A figura 16 demonstra a vista de cima no momento da leitura da profundidade do local 3, em que a fita graduada do medidor de N.A. está tensionada.

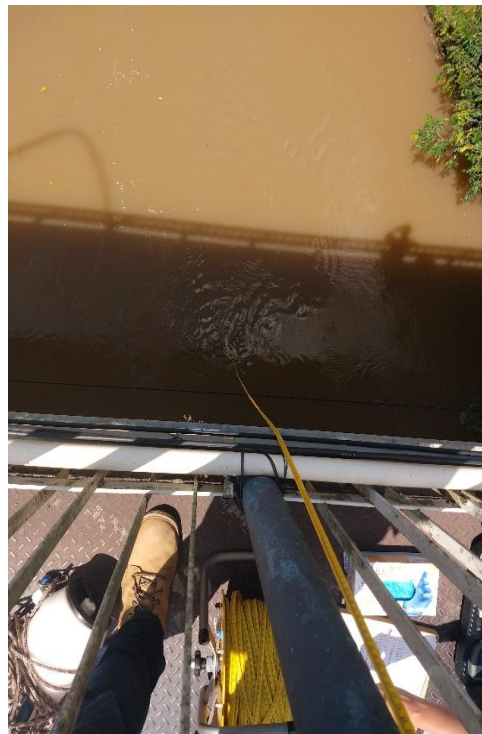


Figura 16: Leitura do nível d'água e profundidade vista de cima (local 3).  
Fonte: Os próprios autores

O procedimento de coleta propriamente dito foi iniciado com a armação da garrafa de Van Dorn, como pode ser observado na figura 17, onde a presilha foi fixada com a garrafa totalmente aberta, para que posteriormente, com o lançamento do mensageiro ela fosse fechada ainda submersa.



Figura 17: Preparação da garrafa de Van Dorn  
Fonte: Os próprios autores

Em seguida, a garrafa era colocada para fora do parapeito e posicionada de forma a ficar paralela ao sentido de fluxo do corpo hídrico. Assim, submersa até a meia profundidade do corpo hídrico, conforme demonstrado na figura 18.

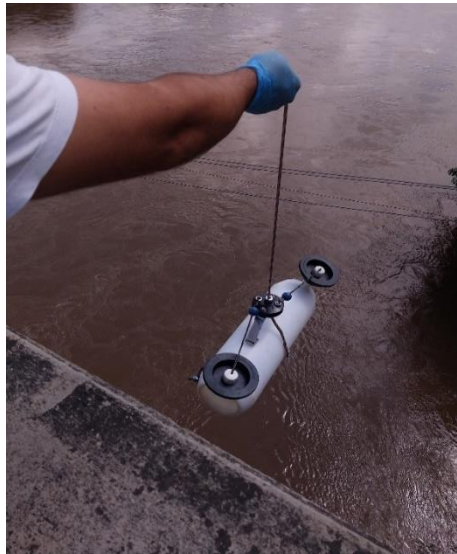


Figura 18: Coleta da amostra.  
Fonte: Os próprios autores

Após a coleta da amostra na garrafa de Van Dorn e emersão dela, colocou-se o frasco destinado para o parâmetro DBO e a célula de leitura do multiparâmetro posicionado sob a torneira de coleta. Em seguida, abriu-se a torneira para enchimento dos respectivos recipientes, conforme mostrado na figura 19. O frasco de DBO foi imediatamente colocado sobre refrigeração de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2$  e assim mantida até o momento de entrega no laboratório de análise. Após estes procedimentos, o restante da amostra foi descartada.



Figura 19: Transferência da amostra para frasco de leitura do multiparâmetro.  
Fonte: Os próprios autores

Para realização dos ensaios de campo com o multiparâmetro Hanna, modelo HI 98194, foi necessário checar a proteção do sensor de pH, conservado com cloreto de potássio. Posteriormente, foi iniciada a verificação da calibração dos parâmetros a serem utilizados, conforme demonstrado na figura 20.



Figura 20: Procedimento de análise da amostra.  
Fonte: Os próprios autores

Com a verificação da calibração do equipamento realizada em campo, interligou-se a sonda à célula de leitura do multiparâmetro. Dessa maneira, foram selecionados os parâmetros de análise previstos para ficarem em primeiro plano no *display* e realizadas as respectivas leituras, conforme observado na figura 21.



Figura 21: Leitura dos parâmetros pré determinados.  
Fonte: Os próprios autores

### 3.6 Método de análise

De acordo com os estudos realizados, com a orientação da empresa AD Ambiental, que realizou o treinamento da equipe, com as normas e documentos orientativos, foram definidos os seguintes métodos de análise para os respectivos parâmetros:

#### 3.6.1 pH

- Método Potenciométrico

Trata-se da determinação das atividades de íons de hidrogênio, por medidas potenciométricas, utilizando um eletrodo de hidrogênio padrão e um eletrodo de referência. Quando os eletrodos são imersos na amostra, há uma compensação de temperatura através de um dispositivo eletrônico. Dessa maneira eles realizam a leitura do pH, ou do milivolts, apresentando o resultado da forma que conhecemos com variação de 0 à 14. (APHA, 2017).

### 3.6.2 Temperatura

- Método digital

Um medidor de temperatura pode utilizar qualquer líquido padrão, ou um medidor eletrônico com leituras analógicas e/ou digitais. No caso em estudo, foi utilizado o medidor digital, que deve ser capaz de distinguir no mínimo 0,1°C. O sensor acoplado ao equipamento multiparâmetros Hanna HI 98194 foi calibrado e possui rastreabilidade, apresenta 0,01°C de sensibilidade em suas leituras estabilizadas conforme manual de instruções (APHA, 2017; HANNA, 2017).

### 3.6.3 OD

- Método com eletrodo de membrana

Consiste em eletrodos cobertos por membrana, de forma com que possibilite a proteção contra impurezas. Em amostras estacionárias, sendo perfeitamente submersíveis, os eletrodos de membrana são compatíveis com análises em loco. Isso torna o método com eletrodo de membrana ideal, visto que o método iodométrico que também é muito utilizado sofre interferências significativas em águas residuais (APHA, 2017).

### 3.6.4 DBO

- DBO (5, 20)

O método de análise de DBO utilizado foi o DBO (5, 20), que consiste em uma medida indireta da matéria orgânica através da comparação da concentração de OD. Para este acontecimento, a amostra deve ser mantida à 20°C em um ambiente ou frasco que não permita a incidência de luz, que podem afetar as medições. A medição é realizada na amostra diluída antes do armazenamento e depois de 5 dias, quando retirada da incubação (APHA, 2017).

### 3.7 Verificação de interferências

Foram quantificadas diversas interferências sobre o Rio Paraíba do Sul no trecho em estudo. Estas foram identificadas através de imagens do google e por meio do Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas – Sistema Existente. Algumas pequenas interferências não identificadas, esgotos lançados diretamente sem canalização e saídas de efluentes industriais não foram contabilizados devido à dificuldade de obtenção de informações precisas (Google maps, 2019; ANA, 2016)

### 3.8 Modelo matemático

Para determinação da estimativa de DBO e de OD no trecho, é necessário a aplicação de modelos matemáticos que relacionam a DBO inicial, a temperatura, velocidade e outras variáveis. Então, foi conhecido e aplicado o modelo de Streeter e Phelps, no qual para entendimento das equações, é necessário conhecer os seguintes componentes (ANDRADE, 2010):

$k_1$  = Constante de desoxigenação ( $d^{-1}$ )

$k_2$  = Constante de reoxigenação ( $d^{-1}$ )

$k_2$  (temp) = Constante de reoxigenação em função da temperatura ( $d^{-1}$ )

$T$  = Temperatura do corpo hídrico ( $^{\circ}C$ )

$t$  = Tempo (s)

$L_0$  = DBO no ponto inicial ( $mg.L^{-1}$ )

$L$  = DBO remanescente ( $mg.L^{-1}$ )

$H$  = Profundidade do corpo hídrico (m)

$V$  = Velocidade de escoamento do corpo hídrico ( $m.s^{-1}$ )

$C_0$  = Concentração inicial de OD ( $mg.L^{-1}$ )

$C_s$  = Concentração de saturação ( $mg.L^{-1}$ )

$C_t$  = Concentração de OD em função do tempo ( $mg.L^{-1}$ )

A equação 1 de  $k_1$ , ou constante de desoxigenação em função da temperatura:

$$k_1(Temp) = 0,14 \times 1,047^{(T-20)} \quad (\text{Eq.1})$$

Em seguida, a equação 2 de  $k_2$ , ou constante de reoxigenação:

$$k_2 = 5,3 \times v^{0,67} \times H^{-1,85} \quad (\text{Eq 2})$$

E a constante de reoxigenação ajustada à temperatura de aplicação, é dada pela equação 3:

$$k_2 = 5,3 \times v^{0,67} \times H^{-1,85} \quad (\text{Eq 3})$$

A equação 4 é referente a de DBO remanescente, dada da seguinte forma:

$$L = L_0 \cdot e^{-k_1 \cdot T} \quad (\text{Eq 4})$$

A equação 5 é referente à concentração de OD em função do tempo:

$$c_T = C_s - \left\{ \left( \frac{L_0 \times K_1}{k_2 - k_1} \right) \times (e^{-k_1 t} - e^{k_2 t}) + (c_s - C_0) \times e^{k_2 t} \right\} \quad (\text{Eq 5})$$

A concentração de saturação de OD foi considerada  $7,6 \text{mg.L}^{-1}$ , devido à baixa concentração de cloreto de sódio presente nos rios de água doce. Após a adequação das unidades para melhor compreensão dos cálculos, foram correlacionados os dados de campo com os coeficientes e demais variáveis mencionados anteriormente. Assim, foram projetadas as equações em software apropriado e obtidas as estimativas de OD e DBO à jusante do Rio Paraíba do Sul (AGUDO, 1992)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Despejos identificados

Sobre a margem esquerda, foram contabilizados 5 córregos. No sentido do fluxo, o primeiro córrego é denominado Córrego do Bugio. Este recebe por sua vez efluente da estação de tratamento de esgoto Bugio (ETE Bugio) e parte de esgoto sem tratamento.

Em seguida verifica-se a presença do Córrego dos Carvalhos. Este não possui estação de tratamento, recebendo apenas o esgoto *in natura* da região em que percorre.

O córrego Pau d'álho está na altura do bairro Vila Mury e não possui nenhum tipo de informação sobre tratamento de esgoto.

Mais próximo à jusante, encontram-se o Córrego Santa Rita, que possui parte do esgoto tratado pela estação de tratamento de esgoto Santa Rita (ETE Santa Rita).

E o Córrego Candelária que não possui nenhum tipo de informação ou estações de tratamento no atlas esgoto.

A margem direita do Rio Paraíba do Sul, é marcada pela presença da CSN e seus efluentes industriais no trecho em estudo. Em relação aos córregos e ribeirão identificados ao longo desta margem, apresenta-se inicialmente o Córrego Secades, que possui parte de seu trajeto dentro da CSN. Nada consta sobre este afluente no atlas esgoto.

O Ribeirão Brandão recebe despejos de 3 estações de tratamento de esgoto, a ETE Gil Portugal, ETE Curral e ETE Poço, além de efluente sem coleta e sem tratamento que também são lançados sobre este ribeirão.

O Córrego São Geraldo, que deságua no Rio Paraíba do Sul na altura do bairro aterrado, não possui nenhuma informação no atlas esgoto.

O Córrego Jardim Amália, que deságua no Rio Paraíba do Sul na altura do bairro Jardim Amália, não possui nenhuma informação no atlas esgoto.

O Córrego Água Limpa, que deságua no Rio Paraíba do Sul na altura do bairro Água Limpa, não possui nenhuma informação no atlas esgoto.

Por fim, os despejos tratados na estação de tratamento de esgoto Volta Grande IV (ETE Volta Grande IV) são canalizados até o Rio Paraíba do Sul, juntamente com parte do esgoto sem tratamento.

Todos os afluentes e efluentes mencionados acima que desaguam no Rio Paraíba do Sul afetam diretamente os parâmetros analisados e conseqüentemente a qualidade da água.

## **4.2 Medições e resultados**

Os resultados mostraram uma variação dentro do normal nas medições realizadas em campo e nenhuma teve que ser descartada. As amostras enviadas para o laboratório, com o intuito de analisar o parâmetro DBO, foram aprovadas e registradas imediatamente no sistema da ALS Corplab.

O quadro 4 demonstra os resultados registrados após a leitura dos parâmetros de pH, temperatura e OD na célula de medição do multiparâmetro em cada um dos pontos, e o resultado divulgado pelo laboratório para o parâmetro DBO.

Quadro 4: Medições e resultados

Ponto	Profundidade de amostragem (m)	pH	Temperatura (°C)	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	DBO (mg.L <sup>-1</sup> )
PM 1-D	1,75	6,80	27,10	4,98	X
PM 1-E	1,75	7,05	26,78	5,52	X
PM 1-C	1,75	7,01	27,10	5,25	4,51
PM 2-D	1,82	7,02	26,33	5,65	X
PM 2-E	1,82	7,11	26,70	5,60	X
PM 2-C	1,82	7,04	26,12	5,50	15,65
PM 3-D	1,90	7,07	27,28	5,66	X
PM 3-E	1,90	7,15	26,52	6,02	X
PM 3-C	1,90	7,12	26,61	5,80	15,66
PM 4-D	1,80	7,07	28,01	5,96	X
PM 4-E	1,80	7,12	27,88	5,79	X
PM 4-C	1,80	7,15	27,72	5,59	4,14
Incerteza de Medição	± 0,60	± 0,06	± 0,05	± 0,24	± 0,06

#### 4.2.1 Discussões sobre a profundidade

Houveram certas interferências devido à vazão acima do normal durante o período de amostragem. Em alguns momentos, a garrafa de Van Dorn não imergia até a profundidade ideal de amostragem, resultando em turbulências e coleta em níveis mais superficiais. Por conta disso, os valores ensaiados em campo, especialmente o parâmetro de OD, podem ter sofrido pequenas distorções.

O medidor utilizado nas medições de nível d'água e profundidade estava devidamente calibrado e apresenta erro de até 16 milímetros em medições em torno de 20 metros. A incerteza de medição para o instrumento medidor de profundidade é de 0,6mm, segundo seu certificado de calibração.

#### 4.2.2 Discussões sobre o pH

O valor médio do pH encontrado foi de 7,06, sendo o parâmetro com menor variação. A máxima encontrada foi de 7,15 (PM 03-E e PM 04-C) e o mínimo de 7,01 (PM 01-C). O primeiro local de coleta foi caracterizado por apresentarem os menores valores de pH, sendo todos abaixo da média (7,06), a divergência entre as margens esquerda e direita e o centro não foram relevantes para este parâmetro. Pode-se observar no gráfico 1 a demonstração da variação das margens e centro ao longo do trecho em estudo.

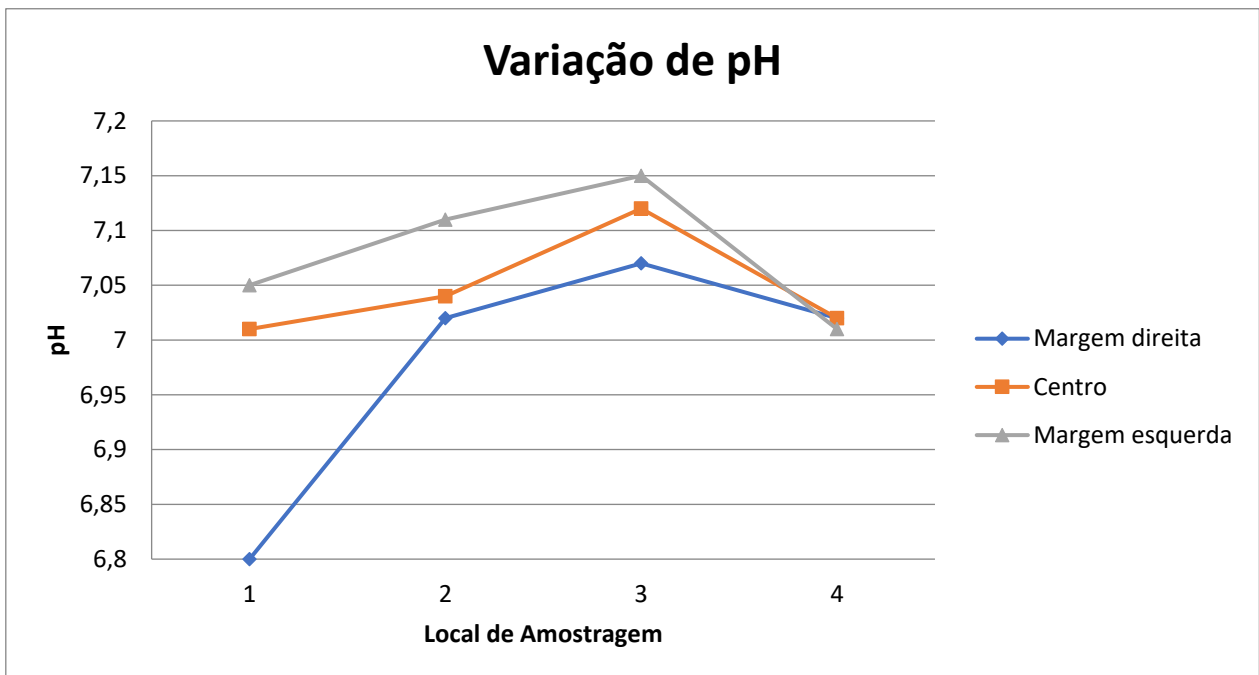


Gráfico 1: Variação de pH

Os valores mensurados para o parâmetro pH demonstraram pouca variação, sendo o primeiro ponto de amostragem, na margem direita do local 1 (PM 01-D) com destaque para uma pequena acidez. O instrumento de medição foi higienizado e

ambientado antes da realização de cada leitura, descartando assim, um desvio na realização da primeira leitura. No trecho não houve identificação visual de nenhum ponto de lançamento de efluente próximo ao ponto de amostragem. O afluente mais próximo encontra-se à aproximadamente 660 metros de distância, na margem direita. Trata-se do córrego Ponte Alta, responsável por receber a contribuição sanitária de bairros populosos da cidade de Barra Mansa.

O parâmetro se enquadra dentro da classe 2 por toda a extensão em estudo do Rio Paraíba do Sul, segundo a Resolução CONAMA Nº 357, que determina que o pH deve se manter entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005).

#### **4.2.3 Discussões sobre a temperatura**

O valor médio da temperatura do trecho em estudo foi de 27,01°C, tendo como máxima 28,01°C (PM 04-D) e a mínima de 26,12°C (PM 02-C). A temperatura no local 2 demonstrou ser ligeiramente menor que as demais. No local 3 e no local 4 houve um aumento. O aumento gradual da temperatura a partir do ponto 2 é justificado pela exposição do equipamento de coleta e instrumento de medição de temperatura ao sol. Houve predominância da margem direita do leito do Rio Paraíba do Sul em apresentar as maiores temperaturas registradas durante o estudo. As variações estão dispostas no gráfico 2.

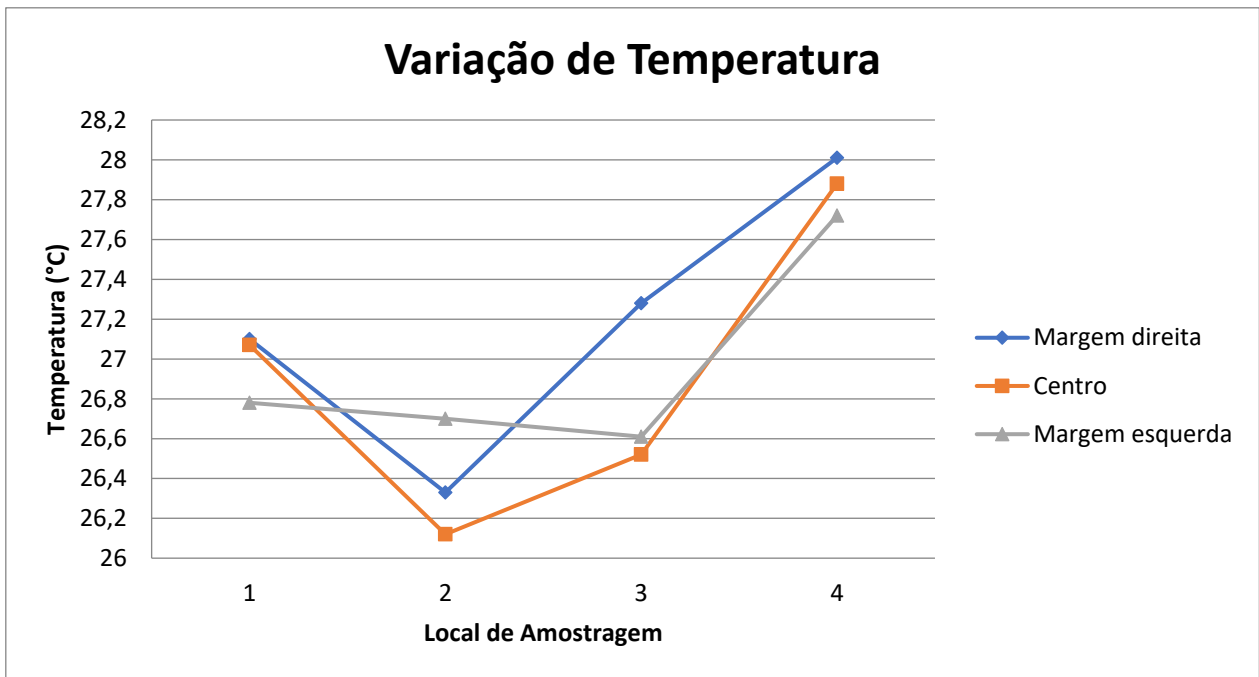


Gráfico 2: Variação de Temperatura

O parâmetro demonstrou pouca variação entre os pontos de cada local. O local 2 que apresentou o único momento de queda de temperatura é o ponto de estudo mais próximo aos efluentes industriais da CSN, além de ser um trecho próximo de um sistema de aeração. Há também a aproximação com o Rio Brandão, que deságua à cerca de 680 metros de distância à montante do local 2. Esses fatores podem ter influenciado nos resultados obtidos.

#### 4.2.4 Discussões sobre o OD

O OD apresentou pequeno aumento ao longo do percurso durante toda a margem direita e apresentou uma queda apenas no local 4, especificamente no centro e na margem esquerda. A média aritmética das medições para o OD é de  $5,61 \text{ mg.L}^{-1}$  variando entre a máxima de  $6,02 \text{ mg.L}^{-1}$  (PM 03-E) e a mínima de  $4,98 \text{ mg.L}^{-1}$  (PM 01-D). As variações dos ensaios realizados em campo podem ser observadas no gráfico 3.

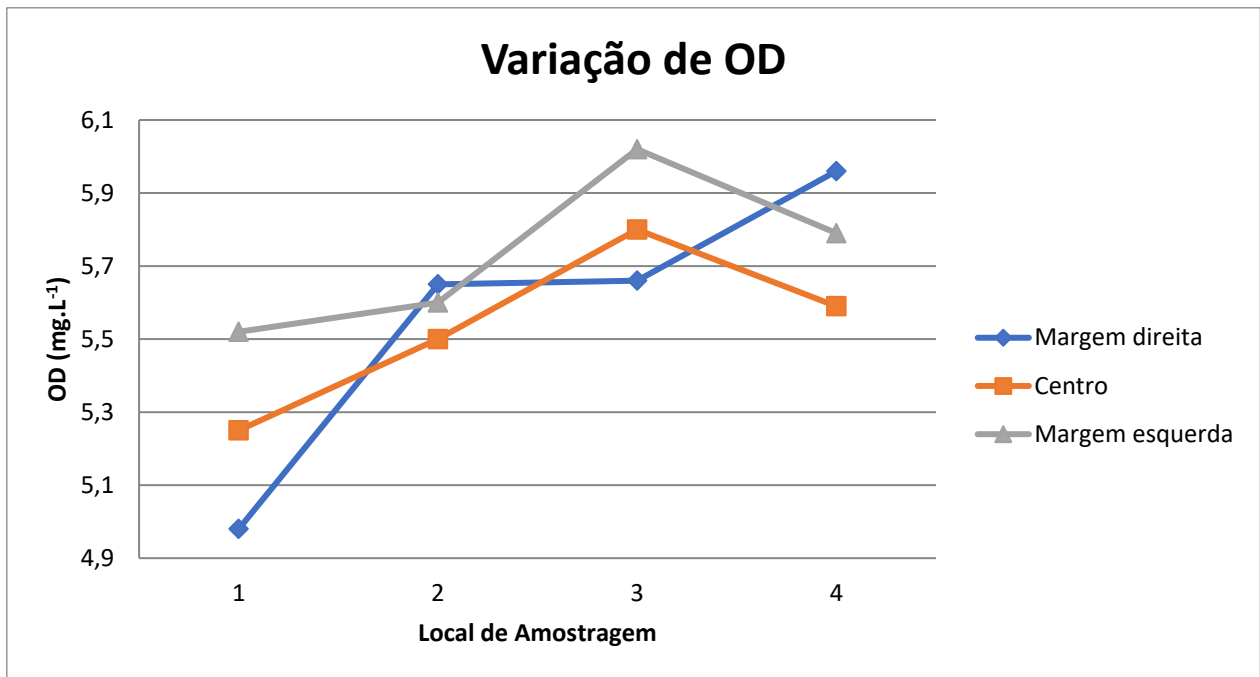


Gráfico 3: Variação de OD

A variação de OD apresentou irregularidade durante todo o trecho em estudo, devido às dificuldades no momento da imersão da garrafa de Van Dorn. Entende-se que o OD pode ter sido elevado, por conta da maior oxigenação próxima a superfície. Lamentavelmente, as condições de amostragem, tempo e recursos disponíveis não permitiram uma melhor exatidão nos ensaios de OD.

O parâmetro se encontra em desacordo com o estabelecido Resolução CONAMA Nº 357, em que é determinado que o OD não pode ser inferior à 5mg.L<sup>-1</sup> em rios de água doce classe 2. O resultado encontrado no PM-01D (4,98mg.L<sup>-1</sup>) foi inferior ao estabelecido pela resolução, porém as incertezas de medição relatadas para o parâmetro em questão o asseguram dentro das variáveis aceitáveis caso sejam avaliadas positivamente (BRASIL, 2005).

#### 4.2.5 Discussões sobre a DBO

A variação de DBO demonstrou um elevado pico nos locais 2 e 3, com valores semelhantes dentro da margem de incerteza de medição, sendo o resultado das análises 15,65mg.L<sup>-1</sup> e 15,66mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. Os pontos que representam à montante e à jusante, local 1 e 4, demonstraram valores aproximados, sendo 4,51mg.L<sup>-1</sup> e 4,14mg.L<sup>-1</sup>

. Tendo em vista os resultados obtidos para análise de DBO, o gráfico 4 apresenta a variação ao longo do percurso.

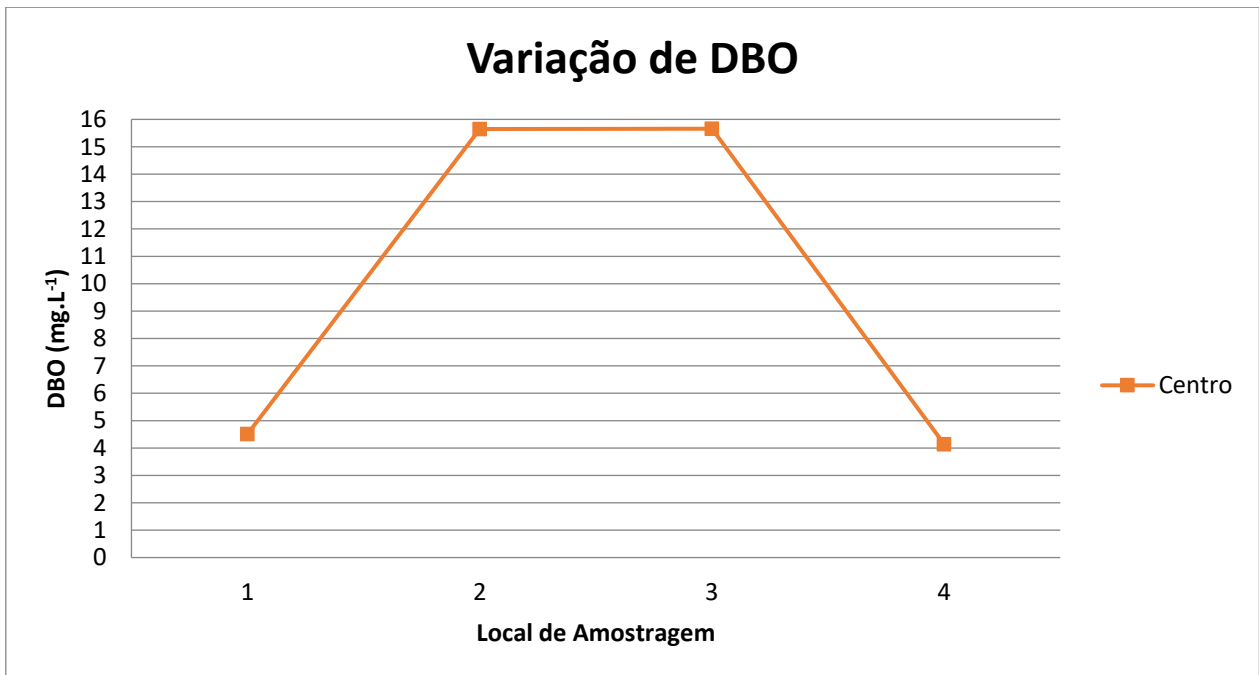


Gráfico 4: Variação de DBO

Os resultados apresentados pelo laboratório, para o parâmetro de DBO tiveram valores dentro do esperado, baseado nas pesquisas anteriores sobre o assunto. Houve um significativo aumento entre o local 1 e o local 2, representando o início do trecho de maior urbanização da cidade, conseqüentemente, onde se encontram a maioria das contribuições sanitárias e industriais do trecho em estudo.

Em seguida, o equilíbrio entre o trecho representado pelos locais 2 e 3 que são caracterizados pela urbanização e proximidade dos bairros periféricos. A proximidade entre os pontos de coleta é de cerca de 2000 metros, sendo a menor distância entre os locais para comparação.

A queda repentina da DBO na análise da amostra do local 4 (PM 04-C), traduz o distanciamento do trecho de maior urbanização, além da passagem pelo trecho de maior presença de mata ciliar.

Na determinação da Resolução CONAMA N°357, a DBO se limita ao valor máximo de 5mg.L<sup>-1</sup> na classe 2 de águas doce. Portanto, o parâmetro não está de

acordo com o enquadramento atual do rio durante toda a extensão avaliada (BRASIL, 2005).

#### 4.2.6 Estimativa através do modelo matemático

Conforme estudos realizados, ensaios de campo e análises laboratoriais, foi possível a aplicação dos modelos de estimativa de autodepuração. O modelo de Streeter e Phelps demonstrou resultados compreensíveis, porém com necessidade de se adaptar às condições reais, como lançamento de afluentes não tratados no percurso e ajustes no coeficiente de temperatura. Os resultados obtidos através do modelo estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Cálculo de DBO remanescente.

Distância (m)	Tempo(s)	Lo(mg.L <sup>-1</sup> )	k1.T(s)	L(mg.L <sup>-1</sup> )
0	0,00	4,51	0,0000000	4,51
1000	606,06	4,51	-0,0013333	4,50
2000	1212,12	4,51	-0,0026667	4,50
3000	1818,18	4,51	-0,0040000	4,49
4000	2424,24	4,51	-0,0053333	4,49
5000	3030,30	4,51	-0,0066667	4,48
6000	3636,36	4,51	-0,0080000	4,47
7000	4242,42	4,51	-0,0093333	4,47
8000	4848,48	4,51	-0,0106667	4,46
9000	5454,55	4,51	-0,0120000	4,46
10000	6060,61	4,51	-0,0133333	4,45
11000	6666,67	4,51	-0,0146667	4,44
12000	7272,73	4,51	-0,0160000	4,44
13000	7878,79	4,51	-0,0173333	4,43
14000	8484,85	4,51	-0,0186667	4,43

Dessa maneira, pode-se observar a queda da DBO ao longo do percurso, melhor observado através do gráfico 5, que representa a estimativa de DBO à jusante do corpo hídrico.

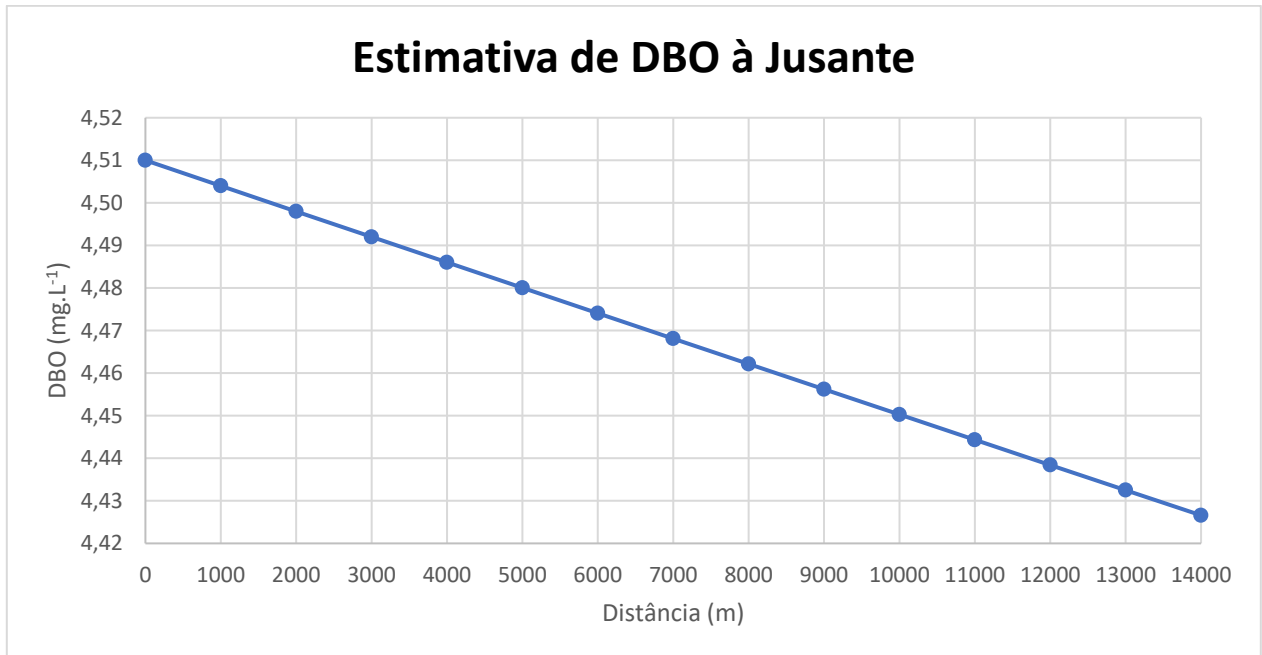


Gráfico 5: Estimativa de DBO à jusante

Como pode-se observar no gráfico 5, a DBO demonstrou queda linear ao longo do percurso, justificado por não considerar interferências em um curto espaço de tempo. Ainda assim, comparando com os valores analisados em laboratório, a DBO remanescente ( $4,43\text{mg.L}^{-1}$ ) é superior à real encontrada no local 4, ponto mais à jusante ( $4,14\text{mg.L}^{-1}$ ). Em ambos os casos, o parâmetro se encontra dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº357 para águas doce classe 2, que determina que a DBO seja de até  $5\text{mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2005).

Para a estimativa de OD, após adequação aos melhores valores de apresentação do caso, foram encontrados os resultados, que estão dispostos na tabela 2 de cálculo de estimativa de OD.

Tabela 2: Cálculo de OD.

Velocidade (m.s <sup>-1</sup> )	Distância (m)	Tempo (s)	Lo (mg.L <sup>-1</sup> )	-k1.T (s <sup>-1</sup> ). (s)	-k2.T (s <sup>-1</sup> ). (s)	Ct (mg.L <sup>-1</sup> )
1,65	0	0,00	4,51	0,000000000	0,000000000	6,169565217
1,65	1000	0,01	4,51	0,000000015	0,000000024	6,169565471
1,65	2000	0,01	4,51	0,000000031	0,000000047	6,169565725
1,65	3000	0,02	4,51	0,000000046	0,000000071	6,169565979
1,65	4000	0,03	4,51	0,000000062	0,000000095	6,169566233
1,65	5000	0,04	4,51	0,000000077	0,000001119	6,169566487
1,65	6000	0,04	4,51	0,000000093	0,00000142	6,169566741
1,65	7000	0,05	4,51	0,000000108	0,00000166	6,169566995
1,65	8000	0,06	4,51	0,000000123	0,00000190	6,169567249
1,65	9000	0,06	4,51	0,000000139	0,00000213	6,169567503
1,65	10000	0,07	4,51	0,000000154	0,00000237	6,169567757
1,65	11000	0,08	4,51	0,000000170	0,00000261	6,169568011
1,65	12000	0,08	4,51	0,000000185	0,00000284	6,169568264
1,65	13000	0,09	4,51	0,000000201	0,00000308	6,169568518
1,65	14000	0,10	4,51	0,000000216	0,00000332	6,169568772

De acordo com os resultados encontrados para a estimativa de OD, observou-se pouca interferência no resultado. Como pode ser visto no gráfico 6, sobre a estimativa de OD à jusante.

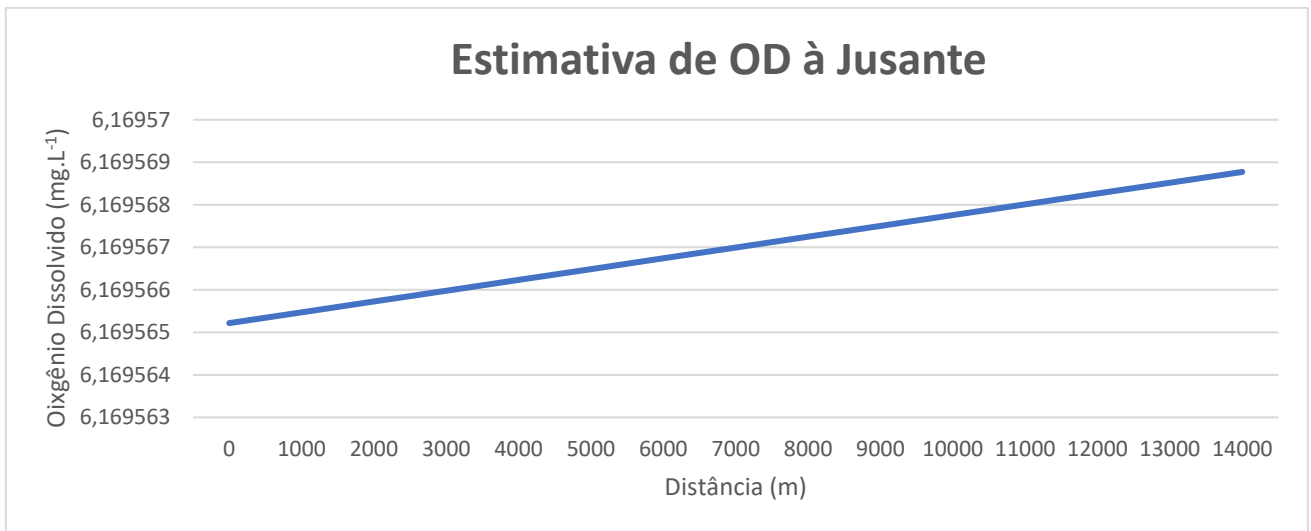


Gráfico 6: Estimativa de OD à jusante

O gráfico 6 demonstrou um sutil aumento do OD ao longo do tempo, porém nenhum instrumento é capaz de demonstrar tamanha precisão e exatidão nas medições deste parâmetro. Os resultados se apresentam divergentes do esperado através do embasamento teórico e análises de campo por conta de interferências durante a análise de OD em campo, bem como a necessidade de ajustes nos coeficientes de temperatura aplicados pelos métodos escolhidos. Os valores para OD estimado através do modelo matemático, se enquadram dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N°357 para águas doce classe 2, que determina que o OD não seja inferior à 5mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005).

## 5 CONCLUSÃO

Foram identificados entre o bairro Ponte Alta e São Luís, 5 córregos na margem esquerda do rio e 6 na margem direita. Todos eles influenciam a qualidade do rio Paraíba do Sul. No entanto, mesmo com todos esses afluentes sendo despejados em seu percurso, observou-se que ele não perdeu a sua capacidade natural de se autodepurar. Para essa conclusão, foram analisados os parâmetros pH, temperatura, OD e DBO em 4 locais ao longo desse trecho.

Ao comparar com o modelo matemático de Streeter e Phelps, no entanto, vemos uma diferença nos resultados esperados por ele e os realmente obtidos. Pois o mesmo não considera os afluentes que desaguam ao longo do trecho em estudo e as alterações nas concentrações orgânicas causadas por eles. Portanto, o modelo escolhido precisa ser ajustado, de forma a considerar as características hidrológicas do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Brasília: Agência Nacional de Águas 326 p. ANA, 2011. Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>> Acesso em: 01 de set. de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Esgoto – Despoluição de Bacias Hidrográficas**, Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. Volta Redonda: Agência Nacional de Águas. ANA, 2016. Disponível em:

[http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas\\_Esgoto/Rio\\_de\\_Janeiro/Sistema\\_Atual/Volta\\_Redonda.pdf](http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Rio_de_Janeiro/Sistema_Atual/Volta_Redonda.pdf) > Acesso em: 02 de jun. de 2020.

AGUDO, E.G. **Demanda Bioquímica de Oxigênio: Fundamentos Químicos do Saneamento**. Universidade Mackenzie, 1992.

ANDRADE, Larice. **Autodepuração dos corpos d'água**. Revista da Biologia, Vitória-ES, v.5. p 16-19, dezembro.2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 23rd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC: APHA, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**: ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba**

**do Sul.** Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC, 2007. 147p (Relatório Contratual R-10, PSR-012-R0).

BERNARDO, Luiz di; DANTAS, Angela di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2. ed. Rio de Janeiro: Rima, 2006. 11 v. (N. 2, p. 107, jun. 2006).

BRASIL. Lei nº 6.938, 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Brasília, 31 de agosto de 1981;

BRASIL. Lei nº 11.445, 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.** Brasília, 5 de janeiro de 2007; 186º da Independência e 119º da República.

BRASIL. Lei nº 9.433, 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

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

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011 – **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.**, Brasília, DF, Diário Oficial, p.89, 16 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde, 2016. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 1<sup>o</sup>ed – Brasília, versão eletrônica. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz\\_nacional\\_plano\\_amostragem\\_agua.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf)> Acesso em: 09 de nov. de 2019.

COUTINHO, Suellen N. **Estudo de bioacumulação de metais tóxicos e elementos traço em amostras de macrófitas aquáticas flutuantes do Reservatório Guarapiranga, São Paulo – SP, Brasil**. (2018) 173p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/SP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-13042018-162720/publico/2018CoutinhoEstudo.pdf>> Acesso em 10 de nov. de 2019

DELPLA, A.V.; JUNG, E.; BAUERS, M.; CLEMENT, O. THOMAS; **Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production - RSMS** v.6 n.2, 2011. ISSN 1980-0894. Disponível em: [http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/08/1\\_TRADUCOES\\_vol6n2.pdf](http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/08/1_TRADUCOES_vol6n2.pdf)> Acesso em: 18 de nov. de 2019

ECKENFELDER, W. W., Jr. 1963. **Applications of kinetics of activated sludge to process design**. In Eckenfelder, W. W., Jr. and Brother Joseph McCabe, eds. *Advances in biological waste treatment*, pp. 277-287. Macmillan Company, New York, N.Y. n. SA 6, pp 157-170, 1967.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

GAMA, Michelle da Silva; AFONSO, Júlio Carlos. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, n.1, p. 232-239, fev. 2007. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000100038&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100038&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 02 abr. 2020.

HANNA INSTRUMENTS. **Manual de instruções - HI 9828 Multiparâmetros.** HANNA, 2017. Disponível em: <[https://hannainst.com.br/descargas/1106/manuais-em-ingles/13750/man\\_ing\\_hi9828.pdf](https://hannainst.com.br/descargas/1106/manuais-em-ingles/13750/man_ing_hi9828.pdf)> Acesso em: 09 de nov. de 2019

JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY. **Guia para a expressão de incerteza de medição**, Tradução por BARATTO, Antônio Carlos *et al.* JCGM, 2008. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso\\_gum\\_versao\\_site.pdf](http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf)> Acesso em 01 de abr. de 2020

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Revista de Administração Pública - RAP, vol. 45, núm. 2, março-abril, 2011, pp. 331-348. ISSN 0034-7612 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v45n2/03.pdf>> Acesso em: 19 de nov. de 2019

**Mapa do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda.** 2019. Google Maps. Google. Consultado em 15 de setembro de 2019, Google Maps. <<https://www.google.com.br/maps/@-22.5030042,-44.1090766,7938m/data=!3m1!1e3>>

MATOS, Mateus Pimentel de *et al.* **Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas.** Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2017, vol.22, n.5, pp.821-828. Epub 20-Abr-2017. ISSN 1413-4152. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017101993>> Acesso em: 03 de set. de 2019

MENEZES, João Paulo Cunha de *et al.* **Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea.** Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v. 19, n 2, p. 173-186, Junho 2014. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n2/1413-4152-esa-19-02-00173.pdf>> Acesso em 15 de set. de 2019

SAUBER SYSTEM AMBIENTAL. **Manual de operações de Medidor de Nível D'Água.** SAUBER, 2018. Disponível em: <<https://www.saubersystem.com.br/pdf/manual-medidor-de-nivel-de-agua.pdf>> Acesso em 22 de nov. de 2019

STREETER, H.W. and PHELPS, E.B., **A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River**, U.S.Public. Health Service Bull., 1925, no. 146, pp. 1-75

VIEIRA, M. R.; GENERINO, A. M.; SILVEIRA, R. B. O. **Método de alocação de pontos para monitoramento da qualidade de águas superficiais utilizado na RNQA.** Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal, 2014.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 1996.

### APÊNDICE A – Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Ponte Alta (Local 1)			Identificação: PM-01D	
Hora de início: 14:24	Data: 15/03/2020			
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	6,8	27,1	4,98	Hora: 14:30
OBS: Altura da ponte = 14 metros, Altura do para peito = 1 metro, Profundidade total = 3,5 metros, Profundidade de coleta = 1,75 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Ponte Alta (Local 1)			Identificação: PM-01C	
Hora de início: 14:33	Data: 15/03/2020			
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( X )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	ALS
Leituras em campo:	7,01	27,07	5,25	Hora: 14:44
OBS: Altura da ponte = 14 metros, Altura do para peito = 1 metro, Profundidade total = 3,5 metros, Profundidade de coleta = 1,75 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Ponte Alta (Local 1)			Identificação: PM-01E	
Hora de início: 14:47	Data: 15/03/2020			
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,05	26,78	5,52	Hora: 14:55
OBS: Altura da ponte = 14 metros, Altura do para peito = 1 metro, Profundidade total = 3,5 metros, Profundidade de coleta = 1,75 metros.				

Observação geral:

### APÊNDICE A – Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Aterrado (Local 2)	Identificação: PM - 02D			
Hora de início: 15:43				
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,02	26,33	5,65	Hora: 15:46
OBS: Altura da ponte = 6,62 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,65 metros, Profundidade de coleta = 1,82 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Aterrado (Local 2)	Identificação: PM - 02C			
Hora de início: 15:33				
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( X )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	ALS
Leituras em campo:	7,04	26,12	5,5	Hora: 15:38
OBS: Altura da ponte = 6,62 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,65 metros, Profundidade de coleta = 1,82 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:	Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda			
Local: Aterrado (Local 2)	Identificação: PM - 02E			
Hora de início: 15:24				
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,11	26,7	5,6	Hora: 15:30
OBS: Altura da ponte = 6,62 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,65 metros, Profundidade de coleta = 1,82 metros.				

Observação geral:

### APÊNDICE A – Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO
----------------

Destinação:		Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda		
Local: Radial Leste (Local 3)		Identificação: PM - 03D		
Hora de início: 16:09		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,07	27,28	5,66	Hora: 16:20
OBS: Altura da ponte = 12 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,80 metros, Profundidade de coleta = 1,90 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:		Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda		
Local: Radial Leste (Local 3)		Identificação: PM - 03C		
Hora de início: 16:23		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( X )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	ALS
Leituras em campo:	7,12	26,52	5,8	Hora: 16:29
OBS: Altura da ponte = 12 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,80 metros, Profundidade de coleta = 1,90 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação:		Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda		
Local: Radial Leste (Local 3)		Identificação: PM - 03E		
Hora de início: 16:31		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,15	26,61	6,02	Hora: 16:37
OBS: Altura da ponte = 12 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,80 metros, Profundidade de coleta = 1,90 metros.				

Observação geral:

### APÊNDICE A – Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO

Destinação: Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda				
Local: São Luis (Local 4)			Identificação: PM - 04D	
Hora de início: 17:00		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,02	28,01	5,96	Hora: 17:07
OBS: Altura da ponte = 10,6 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,60 metros, Profundidade de coleta = 1,80 metros.				

FICHA DE CAMPO				
Destinação: Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda				
Local: São Luis (Local 4)			Identificação: PM - 04C	
Hora de início: 17:15		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( X )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	ALS
Leituras em campo:	7,02	27,88	5,59	Hora: 17:20
OBS: Altura da ponte = 10,6 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,60 metros, Profundidade de coleta = 1,80 metros.				


FICHA DE CAMPO				
Destinação: Estudo da Autodepuração do Rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda				
Local: São Luis (Local 4)			Identificação: PM - 04E	
Hora de início: 17:09		Data: 15/03/2020		
Ensaio previsto:	pH ( X )	Temperatura ( X )	Oxigênio Dissolvido ( X )	DBO ( )
Parâmetros:	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
Leituras em campo:	7,01	27,72	5,79	Hora: 17:12
OBS: Altura da ponte = 10,6 metros, Altura do para peito = 1,5 metros, Profundidade total = 3,60 metros, Profundidade de coleta = 1,80 metros.				

Observação geral:
-------------------

### APÊNDICE B – Cadeia de Custódia



## ANEXO A – Certificados de calibração




**PRECISÃO  
METROLÓGICA**  
**elus**  
**INSTRUMENTAÇÃO**

*Certificado de Calibração*

*Laboratório Físico & Químico*

*Número do Certificado E10306D/20 Folha 1/2*



<b>CONTRATANTE :</b>	X-CAL Calibrações e Ensaios Eireli - EPP		
<b>ENDEREÇO :</b>	Rua Dr. Joaquim Augusto de Camargo, 164- São Paulo - SP		
<b>INTERESSADO :</b>	A&D Consultoria Ambiental e Representações Ltda.		
<b>ENDEREÇO :</b>	Rua Topázio, 16 - Diadema - SP		
<b>INSTRUMENTO :</b>	<u>Medidor de oxigênio dissolvido</u>		
<b>FABRICANTE :</b>	Hanna	<b>FAIXA DE MEDIÇÃO:</b>	0 mg/L – 50 mg/L
<b>MODELO :</b>	HI 98194	<b>RESOLUÇÃO :</b>	0,01 mg/L
<b>IDENTIFICAÇÃO :</b>	110319	<b>IDENTIF. DO SENSOR :</b>	N61020
<b>NÚMERO DE SÉRIE :</b>	04380039101		
<b>DATA DA CALIBRAÇÃO :</b>	11/02/2020	<b>LOCAL DA CALIBRAÇÃO:</b>	Laboratório Elus
<b>PRÓXIMA CALIBRAÇÃO :</b>	Determinada pelo cliente		<b>CONDIÇÕES AMBIENTAIS :</b>
<b>DATA DA EMISSÃO :</b>	11/02/2020	(20,2 ± 0,6) °C / (54 ± 6) %ur / (932,0 ± 3,5) hPa	

**PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO :**

- O instrumento foi calibrado conforme procedimento PCFQ-006, calibração realizada por comparação e obtenção dos valores de referência pelo método Winkler em diferentes temperaturas.


**PADRÕES UTILIZADOS :**

- Balança Analítica, identificação EL-461, calibrado por laboratório RBC - CAL 0439 em 30/05/2019 sob certificado n° R0067/19 com vencimento em maio/2020.
- Barômetro Digital, identificação EL-899, calibrado por laboratório RBC - CAL 0439 em 04/09/2019 sob certificado n° R0172/19 com vencimento em setembro/2020.
- Termohigrômetro Digital, identificação EL-130, calibrado por laboratório RBC - CAL 0439 em 04/10/2019 sob certificado n° R0227/19 com vencimento em outubro/2020.
- Termohigrômetro Digital, identificação EL-800, calibrado por laboratório RBC - CAL 0439 em 29/05/2019 sob certificado n° R0161/19 com vencimento em maio/2020.
- Dióxido de hidrogênio de potássio, identificação LAB-E-095, produzido por Sigma-Aldrich em 01/07/2016 sob certificado de análise n° 13455-24-8 com vencimento em maio/2022.

**GERENTE TÉCNICO: RODRIGO GOMES CORDEIRO**

**TÉCNICO EXECUTANTE: EDSON DA COSTA A. JUNIOR**



Assinado digitalmente por RODRIGO GOMES CORDEIRO (445842021)  
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria de Estado Federal do Brasil, ou=SP, ou=ABRASA, ou=RODRIGO GOMES CORDEIRO (445842021)

**RODRIGO GOMES CORDEIRO**  
GERENTE TÉCNICO

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação CA-602.

Rua Dendzeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



*Certificado de Calibração*

*Laboratório Físico & Químico*

*Número do Certificado* E10306D/20 *Folha* 2/2

Laboratório de Calibração acreditado pelo CGCRE de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL 0439.

**OBSERVAÇÕES :**

- Este certificado atende aos requisitos de acreditação pelo CGCRE, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.
- Erro = Indicação do instrumento - Valor de referência /  $k$  = fator de abrangência (fator multiplicativo adimensional) /  $V_{eff}$  = graus de liberdade efetivo / O valor de referência foi obtido através da média de 3 medições.
- O instrumento deve ser checado pelo usuário por meio do padrão de referência periodicamente.
- O sensor nunca deve estar sem o preenchimento da solução de reação, e a troca da membrana, deve ser efetuada conforme orientação do fabricante.
- O ajuste de zero é realizado com solução de zero oxigênio dissolvido preparada conforme ASTM D888-12.

**RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO :**

Temperatura de referência (°C)	Valor de referência (mg/L)	Indicação do instrumento (mg/L)	Erro (mg/L)	Incerteza da medida (mg/L)	k	$V_{eff}$
22,00	0,00	0,00	0,00	0,05	2,00	$\infty$
29,00	7,05	7,10	0,05	0,05	2,00	$\infty$
22,00	8,53	8,58	0,05	0,06	2,00	$\infty$

final do certificado.

Anulado de forma digital por RODRIGO GOMES CORDEIRO 145580261  
 OR: c-BR, ex-CP, Brasil, ou-Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou-RFB e-CPF A3, ou-ESB BRANCO, ou-AB-SINISA, ou-RODRIGO GOMES CORDEIRO 145580261  
 RODRIGO GOMES CORDEIRO  
 SERENITE TÉCNICO

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-602.

Rua Dendezeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



*Certificado de Calibração*

*Laboratório de Análise Ambiental*



*Número do Certificado*

E10306A/20

*Folha* 01/02

**CONTRATANTE :** X-CAL. Calibrações e Ensaio Eireli - EPP  
**ENDEREÇO :** Rua Dr. Joaquim Augusto de Camargo, 164 - São Paulo - SP  
**INTERESSADO :** A&D Consultoria Ambiental e Representações Ltda.  
**ENDEREÇO :** Rua Topázio, 16 - Diadema - SP

**INSTRUMENTO :** Medidor de pH  
**FAIXA DE MEDIÇÃO :** ( 0 à 14 ) pH / ( -600 à 600 ) mV  
**VALOR DE UMA DIVISÃO :** 0,01 pH / 0,1 mV  
**MARCA :** Hanna  
**MODELO :** HI98194  
**IDENTIFICAÇÃO :** 110319  
**NÚMERO DE SÉRIE :** 04380039101  
**IDENTIFICAÇÃO DO ELETRODO :** N68030

**DATA DA CALIBRAÇÃO :** 11/02/2020  
**PRÓXIMA CALIBRAÇÃO :** Determinada pelo cliente  
**DATA DA EMISSÃO :** 11/02/2020

**TEMPERATURA DO AR :** 20,3 °C ± 0,4 °C      **TEMPERATURA DE REFERÊNCIA :** 25 °C  
**UMIDADE RELATIVA DO AR :** 51 %UR ± 3 %UR      **LOCAL DA CALIBRAÇÃO :** Laboratório da ELUS

**PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO :**

O instrumento foi calibrado conforme procedimento PCFQ-001

A calibração do medidor de pH com o seu eletrodo foi efetuada utilizando Material de Referência Certificado (MRC), efetuando a leitura no(s) ponto(s) de calibração intermediário(s) por três vezes e declarando a média dos resultados, juntamente declarado os valores obtidos pelo instrumento ou o valor do Material de Referência Certificado (MRC) dos demais pontos.

**PADRÃO(S) UTILIZADO(S) :**

Termômetro digital, identificação EL-147 calibrado por lab. RBC-0439 em 29/06/19 sob certificado R0005/19 com validade até jun/2020.  
 Material de Referência Certificado pH 4,0, identificação EL-666/4 certificado por EMA PMR-003 em 28/02/19 sob certificado Lote: 0219-PH4-0216 com validade até ago/2020 - Validade de uso após abertura do frasco: 30/08/2020  
 Material de Referência Certificado pH 7,0, identificação EL-667/4 certificado por EMA PMR-003 em 03/04/19 sob certificado Lote: 0419-PH7-0228 com validade até set/2020 - Validade de uso após abertura do frasco: 30/09/2020  
 Material de Referência Certificado pH 10, identificação EL-668/4 certificado por EMA PMR-003 em 08/02/19 sob certificado Lote: 0419-PH10-0233 com validade até ago/2020 - Validade de uso após abertura do frasco: 31/08/2020

**ASSINTE TÉCNICO RESPONSÁVEL POR ESTE CERTIFICADO**  
**TÉCNICO SUBSTITUTO: EDSON DA COSTA A. JUNIOR**

Assinado de forma digital por RODRIGO GOMES CORDEIRO 14553802811  
 DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A3, ou=IN BRANCO, ou=AFS/INRA, ou=RODRIGO GOMES CORDEIRO 14553802811

**RODRIGO GOMES CORDEIRO**  
**SERVENTE TÉCNICO**

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação CA-602.

Rua Dendezeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



Laboratório de Calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL 0429

*Certificado de Calibração*

*Laboratório de Física-Química*

*Número do Certificado*

E10306A/20

*Folha 02/02*

**RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO :**

**CALIBRAÇÃO POR COMPARAÇÃO COM MRC :**

Tipo de Escala	Valor de Referência	Indicação no Instrumento	Erro	Incerteza de medida	k	Veff	Temperatura (°C)	Slope
Ácido	4,02	4,02	0,00	0,06	2,00	∞	25,0	99
Ácido	6,57	6,57	***					
Neutra	7,01	7,01	0,00					
Neutra	7,02	7,02	0,00	0,05	2,00	∞	25,0	99
Alcalina	9,29	9,29	***					
Alcalina	9,99	10,01	-0,02					

\*\*\* - MR(c) Solução Intermediária para checagem do resíduo e contribuição para incertezas de medição.

**CONSIDERAÇÕES:**

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela COCER, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Foi utilizada como referência ao procedimento interno da ELUS a norma ASTM E 70 em sua versão atual.

Emo = Valor Indicado no Instrumento - Valor de Referência

Valor de Referência = Valor do Padrão/MRC

O slope é o coeficiente angular ou inclinação prática do eletrodo de pH (inclinação da reta de Calibração).

Realizada calibração somente com MRC, pois não foi possível a simulação de sinal elétrico no instrumento em questão.

Acreditado de forma digital por RODRIGO  
 GOMES CORREIA - 151140311  
 DR. C-01, p-IC/0401 ou -Secretaria  
 da Receita Federal do Brasil - RFB,  
 ou RFB e-CPF A3, ou -EM BRANCO,  
 ou -RUBRICA, ou -RODRIGO GOMES  
 CORREIA-151140311

RODRIGO GOMES CORREIA  
 GERENTE TÉCNICO

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Rua Dendezeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



## Certificado de Calibração

### LABORATÓRIO DIMENSIONAL

NÚMERO DO CERTIFICADO X10686/19

FOLHA 01/02

**CONTRATANTE :** A&D Consultoria Ambiental e Representações Ltda.  
**ENDEREÇO :** Rua Topázio, 16 - Diadema - SP  
**INTERESSADO :** O mesmo  
**ENDEREÇO :** O mesmo

**INSTRUMENTO :** Trena de profundidade(Medidor de nível para poço)  
**FAIXA DE MEDIÇÃO :** 0 - 100000 mm  
**VALOR DE UMA DIVISÃO :** 1 mm  
**MARCA :** Sauber System Ambiental  
**MODELO :** Não especificado  
**IDENTIFICAÇÃO :** 110305  
**NÚMERO DE SÉRIE :** 002139

**DATA DA CALIBRAÇÃO :** 03/09/2019  
**PRÓXIMA CALIBRAÇÃO :** Setembro/2021  
**DATA DA EMISSÃO :** 03/09/2019

**TEMPERATURA DO AR :** 21,6°C ± 0,05°C    **LOCAL DA CALIBRAÇÃO :** X-CAL  
**UMIDADE RELATIVA DO AR :** 49,3% ± 0,5%

**PADRÃO(S) UTILIZADO(S) :**

Trena laser padrão, identificação EL-2089 calibrada pela RBC-CAL 0034 em 03/07/2018 sob certificado 2637/18 com vencimento em julho/2020.

**PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO :**

O instrumento foi calibrado conforme procedimento PCD-08.

A calibração foi realizada em 5 pontos da escala pelo método de comparação com a trena padrão. Os resultados apresentados neste certificado foram determinados pela média de três medições.

**OBSERVAÇÃO:**

**GERENTE TÉCNICO:** RODRIGO GOMES CORDEIRO  
**TÉCNICO EXECUTANTE:** ALESSANDRO S. DOS SANTOS



A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende aos requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025:2017. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

**X-CAL Calibrações e Ensaios EIRELI**

Rua Dr. Joaquim Augusto de Camargo, 184 - São Paulo - SP - 03803-020 || Tel.: 11.3038-4884 || contato@xcal.com.br - qualidade@xcal.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



*Certificado de Calibração*

**LABORATÓRIO DIMENSIONAL**

NÚMERO DO CERTIFICADO X10686/19 FOLHA 02/02

VERIFICAÇÃO DO ALARME DO INSTRUMENTO:

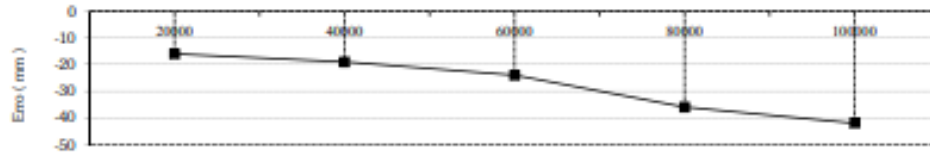
TESTE DE SINAL SONORO E VISUAL: **ATUANDO**

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO :

VALORES EM MM

Valor nominal no instrumento	Valor de referência	Erro	Incerteza de medida	k
20000	20016,0	-16,0	0,6	2,00
40000	40019,0	-19,0	0,6	2,00
60000	60024,0	-24,0	0,6	2,00
80000	80036,0	-36,0	0,6	2,00
100000	100042,0	-42,0	0,6	2,00

CURVA DO ERRO :



Valor Nominal no Instrumento ( mm )

FIM

Análise de Erro Digital  
 por NBR 15004  
 EMBRACO 02/1983  
 DE 1988 em 01/2017  
 em conformidade com a  
 Portaria nº 493  
 de 2018 e o Decreto nº 10.057  
 de 2019, em conformidade  
 com a Resolução  
 RDC nº 362 de 2018  
 do Conselho Nacional  
 de Saúde.

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende aos requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025:2017. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

**X-CAL Calibrações e Ensaio EIRELI**

Rua Dr. Joaquim Augusto de Cernargo, 164 - São Paulo - SP - 03803-020 | Tel.: 11.3038-4884 | contato@xcal.com.br - qualidade@xcal.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



*Certificado de Calibração*  
**Laboratório de Temperatura & Umidade**



*Número do Certificado* E10306B/20 *Folha* 01/02

**CONTRATANTE :** X-CAL Calibrações e Ensaios Eireli - EPP  
**ENDEREÇO :** Rua Dr. Joaquim Augusto de Camargo, 164 - São Paulo - SP  
**INTERESSADO :** A&D Consultoria Ambiental e Representações Ltda.  
**ENDEREÇO :** Rua Topázio, 16 - Diadema - SP

**INSTRUMENTO :** Termômetro Digital

**FAIXA CALIBRADA :** 0°C a 54°C  
**VALOR DA MENOR DIVISÃO :** 0,01°C  
**IDENTIFICAÇÃO :** 110319 **IDENTIFICAÇÃO DO SENSOR :** K3429448  
**FABRICANTE :** Hanna  
**MODELO :** HI98194  
**NÚMERO DE SÉRIE :** 04380039101

**DATA DA CALIBRAÇÃO :** 11/02/2020 **LOCAL DA CALIBRAÇÃO:** Laboratório da ELUS  
**PRÓXIMA CALIBRAÇÃO :** Determinada pelo cliente **TEMPERATURA DO AR :** 23 °C ± 5 °C  
**DATA DA EMISSÃO :** 11/02/2020 **UMIDADE RELATIVA DO AR :** 45 %ur a 70 %ur

**PADRÃO(S) UTILIZADO(S) :**

Termômetro Digital, identificação EL-401, calibrado por laboratório sob número de acreditação RBC CAL-0439 em 23/08/2019 sob certificado nº R0195/19 com vencimento em agosto/2020.

**PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO :**

A calibração foi realizada pelo método de comparação contra termômetro de referência padrão, utilizando um meio térmico com estabilidade e uniformidade conhecidos, seguindo procedimento PCT 003.

**OBSERVAÇÕES :**

- » Os resultados foram herdados pela média de 3 medições obtidas em cada ponto.
- » Os valores de temperatura estão baseados na Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90).
- » Erro = Indicado no instrumento - Valor de Referência.
- »  $k$  = fator de abrangência (fator multiplicativo adimensional) /  $W_{eff}$  = graus de liberdade efetivo.
- » Este certificado atende aos requisitos de acreditação pelo COCRE, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

**GERENTE TÉCNICO: RODRIGO GOMES CORDEIRO**

**TÉCNICO EXECUTANTE: EDSON DA COSTA A. JUNIOR**

Assinado de forma digital por RODRIGO GOMES CORDEIRO - 1555800011  
 DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RECEITA FEDERAL DO BRASIL, ou=BRASIL, cn=RODRIGO GOMES CORDEIRO - 1555800011  
**RODRIGO GOMES CORDEIRO**  
**GERENTE TÉCNICO**

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-602.

Rua Dendzeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

## ANEXO A – Certificados de calibração



*Certificado de Calibração*

*Laboratório de Temperatura & Umidade*

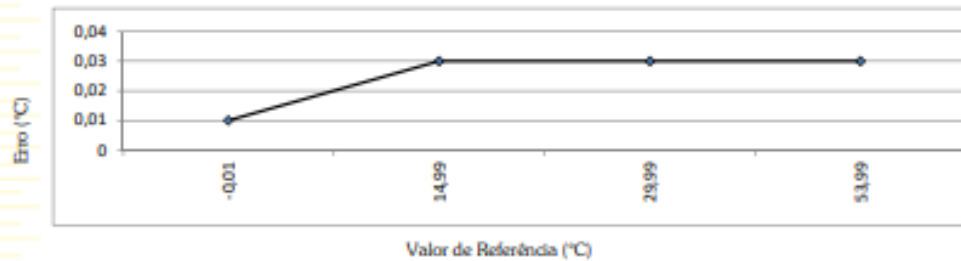
*Número do Certificado* E10306B/20 *Folha* 02/02

\*Laboratório de Calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL.0439\*

**RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO :**

Profundidade de Imersão (mm)	Valor de Referência (°C)	Indicação do Instrumento (°C)	Erro (°C)	Incerteza de medida (°C)	k	Veff
Total	-0,01	0,00	0,01	0,04	2,00	∞
Total	14,99	15,02	0,03	0,04	2,00	∞
Total	29,99	30,02	0,03	0,04	2,00	∞
Total	53,99	54,02	0,03	0,06	2,00	∞

**ILUSTRAÇÃO GRÁFICA DA CURVA DE CALIBRAÇÃO :**



**TÉCNICO EXECUTANTE :** Edison da Costa A. Junior

Assinado de forma digital por RODRIGO GOMES GONCALVES  
 DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A3, ou=EM BRANCO, ou=ABRASILIA, cn=RODRIGO GOMES GONCALVES  
 RODRIGO GOMES GONCALVES  
 SERVENTE TÉCNICO

A reprodução deste certificado só poderá ser total, sem nenhuma alteração. Os Resultados deste certificado referem-se somente ao item calibrado ou ensaiado. Este certificado atende os requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 17025. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k" que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-602.

Rua Dendzeiro, 29 | Jd. Matarazzo | São Paulo | SP | 03813-130 | Tel 11 2214-0049 | Email: atendimento@elusinstrumentacao.com.br

**ANEXO B – Atlas esgoto**

