

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**ESTUDO DA DINÂMICA SAZONAL E
LONGITUDINAL DE PARÂMETROS
ABIÓTICOS NO RIO MEIA PONTE APÓS O
LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO DR. HÉLIO
SEIXO DE BRITTO**

ADRIANO OLIVEIRA ALVES DE CASTRO

GOIÂNIA 2018

ADRIANO OLIVEIRA ALVES DE CASTRO

**ESTUDO DA DINÂMICA SAZONAL E
LONGITUDINAL DE PARÂMETROS
ABIÓTICOS APÓS O LANÇAMENTO DE
EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ESGOTO DR. HÉLIO SEIXO DE BRITTO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 1.

Orientador: Profa. Renata Medici Frayne Cuba

GOIÂNIA 2018

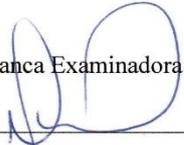
ADRIANO OLIVEIRA ALVES DE CASTRO

ESTUDO DA DINÂMICA SAZONAL E LONGITUDINAL DE PARÂMETROS
ABIÓTICOS NO RIO MEIA PONTE APÓS O LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DR. HÉLIO SEIXO DE BRITTO

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação
em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 07/06/2018.

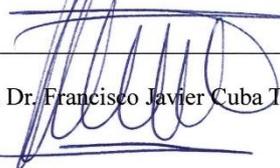
Banca Examinadora:



Prof. Dr^a. Renata Medici Frayne Cuba – Universidade Federal de Goiás (Orientador)

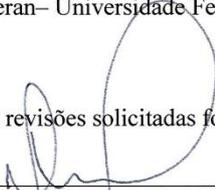


Luanna Gonçalves de Paula – SANEAGO



Prof. Dr. Francisco Javier Cuba Teran – Universidade Federal de Goiás

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:



Prof. Dr^a. Renata Medici Frayne Cuba (orientador)

Em: 21/06/2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sendo aquele que iluminou o meu caminho e me deu força e coragem durante toda essa jornada.

À minha família que sempre esteve do meu lado, principalmente a minha mãe, por sempre ter acreditado em mim, por sempre me apoiar independentemente da situação.

À minha namorada, por estar sempre comigo me apoiando e me dando forças para seguir em frente.

À toda equipe da ETE Goiânia, que me proporcionou um enorme aprendizado, ajudaram-me durante toda a caminhada e deram-me a oportunidade de realizar este trabalho.

À professora Renata Medici Frayne Cuba, pela paciência na orientação e incentivo durante o processo da escrita deste trabalho, elementos imprescindíveis para a conclusão dessa monografia.

Agradeço, e também, a todos os outros professores os quais fizeram parte de todo o meu histórico de aprendizado.

RESUMO

A variabilidade nas condições físico-químicas dos corpos d'água ao longo do tempo, pode vir a ser um problema para as Estações de Tratamento de Efluentes devido à possibilidade em diminuir a capacidade de diluição de seus efluentes, e assim, enquadrar os parâmetros de lançamento à legislação vigente. Tal situação é realidade para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto, que tem verificado uma forte influência do rio Anicuns, um dos afluentes do córrego Meia Ponte, na zona de mistura entre rio e efluente. Desta forma, o presente trabalho avaliou a variabilidade sazonal e longitudinal no trecho do rio Meia Ponte entre o lançamento da ETE e o rio Anicuns, com o intuito de verificar a possibilidade em se adotar um ponto de amostragem representativo para monitoramento do rio. Também, foi analisado o impacto da contribuição do rio Anicuns na zona de mistura. Para a realização deste estudo, foram realizadas visitas in loco, em três distintas épocas do ano, onde foram aferidos quatro parâmetros físico-químicos: pH, condutividade, oxigênio dissolvido e demanda química de oxigênio, cujos resultados foram tratados estatisticamente para a determinação da variabilidade entre os mesmos. Os resultados revelam a diminuição da variabilidade ao longo do trecho estudado do rio Meia Ponte, porém, sem demonstrar a mistura completa entre efluente e rio. Também, foi possível verificar que durante o período de estiagem, a variabilidade entre os resultados, tende a aumentar devido a menor capacidade de mistura do rio. Desta forma, o método adotado, pode servir como uma ferramenta para que a concessionária do esgoto faça uma análise da qualidade de corpos hídricos que recebem algum poluente e que tenham contribuições difusas que possam causar algum impacto antes do equilíbrio biológico do poluente e do corpo receptor, e, também, fornecer o conhecimento mais aprofundo sobre o presente caso estudado.

Palavras chaves: Anicuns. ETE. Meia Ponte. Parâmetros físico-químicos. Zona de mistura.

ABSTRACT

The variability in the physicochemical conditions of the water bodies over time, may come to be a problem for effluent treatment plants due the possibility to decrease the dilution capacity of their effluents and thus, to frame the parameters of launch to the current legislation. Such a situation is the reality for the Sewage Treatment Station (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto, which has verified a strong influence of the Anicuns river, one of the tributaries of the Meia Ponte stream, in the mixing zone between river and effluent. Thus, the present work assessed the seasonal and longitudinal variability in the section of the Meia Ponte river between the launching of the Sewage Treatment Station (ETE) and the Anicuns river, in order to verify the possibility in adopting a representative sampling point for river monitoring. Also, was analyzed the impact of the Anicuns river contribution on the mixing zone. To carry out this study were realized in loco visits, in three different times of the year, where were measured four physical-chemical parameters: pH, conductivity, dissolved oxygen, and chemical oxygen demand, whose results were treated statistically to the determination the variability between them. The results reveal the decrease of the variability along the studied stretch of the Meia Ponte river, however, without demonstrating the complete mixing between effluent and river. It was also possible to verify that during the drought period, the variability between the results, tends to increase due to the lower mixing capacity of the river. So, the adopted method, can serve as a tool in order that the sewer concessionaire make an analysis of the quality of water bodies that receive some pollutant and cause diffuse contributions that may have some impact before the biological balance of the pollutant and the receiving body, and also, provide the most thorough knowledge about the present case studied.

Keywords: Anicuns. ETE. Meia Ponte. Physical-chemical parameters. Mixing zone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de tratamento planejado da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto	25
Figura 2 Trecho (em azul) do emissário final até a confluência do rio Anicuns com o rio Meia Ponte	27
Figura 3 Imagem Satélite do trecho onde se encontra os pontos de coleta das respectivas zonas determinadas	29
Figura 4 Sonda MultiparâmetrosHydrolabmodelo Quanta	30
Figura 5 Imagem Satélite a jusante (conforme indicado na seta) da zona de mistura do efluente da ETE Goiânia (SANEAGO, 2017).....	35
Figura 6 Imagem Satélite do encontro do córrego Anicuns com o Rio Meia Ponte (conforme indicado na seta)	36
Figura 7 Imagem satélite a montante (conforme indicado na seta) do despejo de efluente da ETE Goiânia	36
Figura 8 Dados pluviométricos referente ao ano 2017	39
Figura 9 Imagem na zona D do rio Meia Ponte no período crítico de seca (06/10/17).....	40
Figura 10 Deságue do rio Anicuns na “zona D” do rio Meia Ponte (06/10/17).....	40
Figura 11 Deságue do rio Anicuns no rio Meia Ponte (20/12/17)	44
Figura 12 Rio Meia Ponte (20/12/17).....	44
Figura 13 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para a condutividade	47
Figura 14 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para o OD	47
Figura 15 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para o pH.....	47
Figura 16 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para a DQO	47

Figura 17 Zonas paralelas no rio Meia Ponte (Zona 1: Rosa, Zona 2: Amarela, Zona 3: Azul, Zona 4: Vermelha) 48

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1.1 Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de qualidade da água	15
Quadro 2.1.2 Classificação das águas doces segundo a resolução CONAMA 430/11.	16
Quadro 2.2.1 Inconvenientes nos corpos d'água, causados pelo lançamento de esgotos não tratados.	17
Quadro 2.3.1 Níveis do tratamento dos esgotos	19
Quadro 2.3.2 Eficiência do tratamento (% de remoção)	20
Quadro 2.3.3 Vantagens e desvantagens do Tratamento Primário Quimicamente Assistido ..	21
Quadro 2.6.1 Custos de investimento com base no ano de 1999	24
Quadro 3.5.1 Combinação utilizada para análise estatística dos resultados.....	31
Quadro 4.3.1 Conferência dos dados aferidos in loco correlacionados estatisticamente com suas concentrações (primeira coleta).....	38
Quadro 4.3.2 Conferência dos dados aferidos in loco correlacionados estatisticamente com suas concentrações (segunda coleta)	41
Quadro 4.3.3 Conferência dos dados aferidos in loco correlacionados estatisticamente com suas concentrações (terceira coleta)	45
Quadro 4.3.4 Comparação das zonas perpendiculares entre as distintas coletas para os parâmetros analisados.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Qualidade da água	14
2.2. Esgoto Sanitário	17
2.3. Sistemas de tratamento de esgoto	18
2.4. Zona de mistura.....	21
2.5. Monitoramento e controle de qualidade do efluente.....	22
2.6. Caracterização da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto e do Sistema de Tratamento de efluente.....	23
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. Caracterização do objeto e da área de estudo	27
3.2. Caracterização ETE Goiânia.....	28
3.3. Amostragem e Pontos de coleta.....	28
3.4. Análises físico-químicas de amostras do rio.....	30
3.5. Avaliação da dinâmica longitudinal e sazonal dos parâmetros abióticos no trecho compreendido entre o lançamento do efluente e o afluente do rio Anicuns	31
4. RESULTADOS	35
4.1. Caracterização da área de estudo	35
4.2. Dinâmica longitudinal e sazonal dos parâmetros abióticos	37

4.3.1	Comparação dos resultados das análises físico-químicas em pontos de amostragem dentro de uma mesma Zona	37
4.3.2	Comparação dos resultados das análises físico-químicas em pontos de amostragem dentro de uma mesma Zona nas diferentes épocas de amostragem	46
5.	CONCLUSÕES	51
6.	REFERÊNCIAS	53
7.	APÊNDICES	55
	APÊNDICE A – Vazões a montante de Goiânia (estação 60640000)	55
	Fonte: ANA (Agência Nacional das Águas) (Adaptado), 2018	55
	APÊNDICE B – Primeira coleta (21 de Junho de 2017)	56
	APÊNDICE C – Segunda coleta (06 de Outubro de 2017)	57
	APÊNDICE D – Terceira coleta (20 de Dezembro de 2017)	58
	APÊNDICE E – Valores utilizados para a equação da mistura	59
8.	ANEXOS	60
	ANEXO A – Distribuição t-student	60

1. INTRODUÇÃO

Quantidade e qualidade são duas características principais que um curso d'água deve ter para seu uso como fonte de abastecimento para população humana, dependendo inteiramente, da ausência de substâncias tóxicas e microrganismos causadores de doenças. Sendo assim, a preservação e uso consciente são as duas principais preocupações nos dias atuais, pelo fato da água ser um recurso finito.

Porém, o adensamento populacional e a inconsciência do seu esgotamento tornaram a interferência do homem em um dos maiores causadores de alteração da qualidade da água, principalmente, no que se refere a lançamentos pontuais, como efluentes domésticos que, ao atingirem um curso d'água, sem o devido tratamento, acarretam, entre outros fatores, no aumento da concentração de matéria orgânica, desencadeando, assim, a proliferação de bactérias aeróbicas e aumentando o consumo de oxigênio da água (ORSSATTO, 2008).

Diante dessa situação, é parte de uma obrigação já legalizada (BRASIL, 2011) garantir efluentes com características ambientalmente compatíveis com a capacidade de autodepuração dos rios. O descumprimento dessas obrigações torna-se crime cabível de punições, segundo a Lei nº9605, de 12 de novembro de 1998.

A Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a Resolução nº430 (CONAMA) a qual complementa a Resolução citada anteriormente, além da Lei nº8544 de 17 de outubro de 1978 (SEMAGO/84) apresentam as condições e padrões para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Essas resoluções, também, estabelecem as responsabilidades da fonte poluidora dos recursos hídricos com o intuito de realizar “o auto monitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos” (BRASIL, 2011).

Devido às alterações no uso da água e solo de uma bacia hidrográfica, a dinâmica sazonal e, inclusive, espacial dos parâmetros analisados, podem sofrer transformações, o que poderia alterar a zona de mistura previamente estabelecida. Essa situação é vivenciada pela Estação de

Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto, que despeja seu efluente tratado no rio Meia Ponte, e antes que possa ocorrer a sua mistura completa, há interferência do rio Anicuns que deságua no rio Meia Ponte. Esse “fenômeno” dificulta o monitoramento da qualidade do corpo receptor a jusante da descarga.

Diante do que foi exposto, a presente pesquisa tem por objetivo estudar a dinâmica sazonal e longitudinal de parâmetros abióticos, após o lançamento de efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto no rio Meia Ponte e verificar a possibilidade de se adotar novos pontos de amostragem representativos e avaliar a interferência do lançamento do efluente tratado no corpo receptor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Qualidade da água

“Parâmetros de qualidade são grandezas que indicam as características da água, dos esgotos, ou dos corpos d’água, podendo ser de natureza física, química ou biológica” (JORDÃO; PESSÔA, 2014, p.19).

Segundo Phelps¹ (1944 apud JORDÃO; PESSÔA, 2014, p.74), “um rio é alguma coisa além de um simples acidente geográfico, ou uma linha no mapa, ou uma parte do terreno, que não pode ser descrito de maneira adequada em simples termos de topografia e geologia, um rio é uma coisa viva algo que possui energia, movimento e que se transforma”.

A qualidade de um corpo hídrico pode ser explicada através da presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas, em distintas concentrações e especiações, e segundo a composição e estrutura da biota aquática que se encontra presente no corpo d’água. Alguns fatores que interferem na qualidade da água são o clima, o solo da região, a vegetação circundante, o ecossistema aquático e principalmente a influência antrópica. Assim sendo, esse recurso sofre variações temporais e espaciais em virtude de processos internos e externos ao corpo hídrico (MEYBECK; HELMER, 1992).

No quadro 2.1.1, são apresentados os parâmetros de qualidade da água os quais são analisados pela legislação Estadual - Lei nº 8544 de 17/10/78 (SEMAGO/84) e, também, pela Resolução CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011 art. 16 a qual estabelece os parâmetros físico-químicos e os padrões para classificação dos corpos hídricos.

¹ Phelps, E.B. – “Stream Sanitation”, J. Wiley, USA, 1944.

Quadro 2.1.1 Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de qualidade da água

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS					
PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO				UNIDADE
	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	
Temperatura	NR	NR	NR	NR	°c
Cloreto total	250	250	250	NR	mg/L CL
Cor	NR	75	75	NR	PT/L
DBO	3	5	10	NR	mg/L O2
Fluoreto total	1,4	1,4	1,4	NR	mg/L F
Fósforo	0,025	0,05	0,075	NR	mg/L P
Nitrato	10	10	10	NR	mg/L N-NO3
Nitrito	1	1	1	NR	mg/L N-NO2
Nitrogênio amoniacal total	0,5 A 2,3 p/ 6,0<pH<7,5 0,5 p/ 8,5<pH<9,0 1,0 p/ 8,0<pH<8,5 2,0 p/ 7,5<pH<8,0	0,5 p/ 8,5<pH<9,0 1,0 p/ 8,0<pH<8,5 2,0 p/ 7,5<pH<8,0 3,7 p/ 6,0<pH<7,5	1,0 p/ 8,5<pH<9,0 2,2 p/ 8,0<pH<8,5 5,6 p/ 7,5<pH<8,0 13,3 p/ 6,0<pH<7,5	NR	mg/L N
Oxigênio dissolvido	>6	>5	>4	>2	mg/L O2
pH	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	-
Sulfato total	250	250	250	NR	mg/L SO4
Sulfeto	0,002	0,002	0,3	NR	mg/L S
Sulfeto total	NR	NR	NR	NR	mg/L S
Surfactantes	0,5	0,5	0,5	NR	mg/L LAS
Sólidos dissolvidos totais	500	500	500	NR	mg/L
Óleos e graxas	V.A.	V.A.	V.A.	NR	mg/L
ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS					
PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO				UNIDADE
	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	
Índice de coliforme total	NR	NR	NR	NR	NMP
Índice de escherichia coli	200	1000	25000	NR	NMP

Legenda: DBO - Demanda Bioquímica de oxigênio NR - Não Regulamentado N.M.P. - Número Mais Provável V.M.P. - Valor Máximo Permitido V.N.D. - Valor Não Definido V.A. - Virtualmente Ausente

Fonte: Adaptado de SANEAGO (2017)

De forma a evitar que as alterações na qualidade da água, decorrentes da diversificação dos usos dos corpos hídricos, venham a impedir seu uso, a legislação brasileira, por meio da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica os cursos hídricos em relação aos seus usos preponderantes, conforme apresentado no Quadro 2.1.2

Quadro 2.1.2 Classificação das águas doces segundo a resolução CONAMA 430/11.

Classificação	Usos
Classe especial	a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção. b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à 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. e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
Classe 2	a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
Classe 3	a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à dessedentação de animais.
Classe 4	a) à navegação; b) à harmonia paisagística; c) aos usos menos exigentes.

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

No caso específico da utilização dos corpos d'água como receptores de efluentes, a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a sua complementação da Resolução CONAMA nº 430/2011 estabelecem as condições e padrões de lançamentos, de forma que, o efluente não confira ao corpo receptor, características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento, as quais serão estabelecidas por parâmetros específicos (BRASIL, 2011). Entretanto, no estado de Goiás não existe classificação dos rios, contudo todos se enquadram na classe 2.

2.2. Esgoto Sanitário

De acordo com Metcalf e Eddy (2016, p. 9), entende-se como efluente doméstico o “esgoto oriundo de residências e de instalações comerciais, institucionais e públicas”.

Segundo Jordão e Pessôa (2014, p. 37), “a palavra esgoto costumava ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como também o próprio líquido que flui por estas canalizações”.

Nesse sentido, o lançamento de efluente nos corpos hídricos, sem tratamento ou tratamento inadequado, pode acarretar em diversas adversidades de acordo com sua composição, conforme apresentado no Quadro 2.2.1.

Quadro 2.2.1 Inconvenientes nos corpos d’água, causados pelo lançamento de esgotos não tratados.

1. Matérias orgânicas solúveis: causam a depleção do oxigênio contido nos rios e estuários. O despejo deve estar na proporção da capacidade de assimilação do curso d’água em relação a um efluente normal.
2. Matérias orgânicas solúveis produzindo gostos e odores às fontes de abastecimento de água. Exemplo: fenóis.
3. Matérias tóxicas e íons de metais pesados. Ex. cianetos, Cu, Zn, Hg, etc., geralmente o despejo desses materiais é sujeito a uma regulamentação estadual e federal; apresentam problemas de toxidez e de transferências através da cadeia alimentar.
4. Cor e turbidez, indesejáveis do ponto de vista estético. Exigem trabalhos maiores às estações de tratamento d’água.
5. Elementos nutritivos (nitrogênio e fósforo) aumentam a eutrofização dos lagos dos pântanos. Inaceitáveis nas áreas de lazer e recreação.
6. Materiais refratários: Ex. ABS. Formam espumas nos rios; não são removidos nos tratamentos convencionais.
7. Óleo e matérias flutuantes: os regulamentos exigem geralmente sua completa eliminação – indesejáveis esteticamente; interferem com a decomposição biológica.
8. Ácidos e álcalis: neutralização exigida pela maioria dos regulamentos; interferem com a decomposição biológica e com a vida aquática.
9. Substâncias que produzem odores na atmosfera: principalmente com a produção de sulfetos e gás sulfídrico.
10. Matérias em suspensão: formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgotos.
11. Temperatura: poluição térmica conduzindo ao esgotamento do oxigênio dissolvido (abaixamento do valor de saturação).

Fonte: Jordão e Pessôa (2014, p.7)

Estes inconvenientes ocorrem com maior ou menor importância, de acordo com os diversos efeitos que podem criar aos usos benéficos das águas. Sendo assim, a poluição causada ocorre em função das alterações da qualidade ocasionadas no corpo receptor e das implicações relativas às limitações aos usos da água (JORDÃO, PESSÔA, 2014).

2.3. Sistemas de tratamento de esgoto

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) são construídas em sua grande maioria com recursos públicos utilizando conceitos práticos e com a finalidade de receber efluente da população por um longo prazo de forma crescente. As ETEs são, normalmente, instaladas em locais afastados da população devido ao seu forte odor e junto a corpos hídricos utilizados como corpos receptores do efluente tratado. Os sistemas de coleta de esgoto são normalmente executados com escoamento por gravidade, o que faz com que as estações sejam alocadas em áreas com uma cota mais baixa. No entanto, em diversas situações, o crescimento urbano foi direcionando para essas ETEs, de forma que se tornaram próximas às comunidades atendidas, como é o caso da ETE Goiânia. (METCALF; EDDY, 2016).

Segundo Metcalf e Eddy (2016) as novas estações de tratamento de esgoto necessitam,

atender ao crescimento populacional, considerar as mudanças demográficas, considerar as características mutáveis do esgoto, especialmente em relação às concentrações crescentes, atender aos novos e mais restritivos padrões para descarga de efluentes, atender às necessidades de reuso, incluindo reuso potável, atender aos novos objetivos de gestão de águas pluviais e substituir as infraestruturas antigas. (METCALF; EDDY, 2016, p.256)

Os componentes encontrados no efluente são removidos por meios biológicos, físicos e químicos. A sua remoção está ligada aos conceitos do nível e da eficiência do tratamento de esgoto da ETE, sendo o tratamento classificado por tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário ou avançado (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

No Quadro 2.3.1 são apresentados, de forma sucinta, os componentes que são removidos de acordo com o nível de tratamento do efluente.

Quadro 2.3.1 Níveis do tratamento dos esgotos

Nível	Remoção
Preliminar	-Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia)
Primário	-Sólidos em suspensão sedimentáveis -DBO em suspensão (matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)
Secundário	-DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão fina, não removida no tratamento primário) -DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos)
Terciário	-Nutrientes -Patogênicos -Compostos biodegradáveis -Metais pesados -Sólidos inorgânicos dissolvidos -Sólidos em suspensão remanescentes

Fonte: Von Sperling (2005, p. 170)

Embora os níveis de tratamento sejam geralmente respeitados, é possível que o engenheiro projetista altere a configuração das unidades de tratamento, podendo inclusive, omitir alguma etapa. Para a escolha da melhor tecnologia, consideraram-se aspectos como, o objetivo do tratamento e o nível que se espera alcançar com o tipo de tratamento escolhido. O grau e a eficiência do tratamento necessário decorrem em função das particularidades para o uso da água a jusante do ponto de lançamento e do corpo receptor, da capacidade de autodepuração e diluição do corpo d'água e das normas ambientais.

No quadro 2.3.2 são apresentados valores de eficiência dos diversos dispositivos de tratamento. “Tipicamente, esta eficiência é medida em função da redução da matéria orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio ou Demanda Química de Oxigênio), ou de sólidos em suspensão, ou ainda de organismos coliformes”. (JORDÃO; PESSÔA, 2014, p.99).

Quadro 2.3.2 Eficiência do tratamento (% de remoção)

Unidades de tratamento	DBO	SS	Colif.
1- Grades finas	5-10	5-20	-
2- Decantadores	25-40	40-70	40-60
3- Flotadores	40-50	50-70	60-90
4- Tanques de precipitação química	50-85	70-90	60-90
5- Filtros biológicos	65-95	65-92	80-90
6- Lodos ativados convencionais	75-95	85-95	90-96
7- Filtros interminentes de areia	90-95	85-95	85-95
8- Lagoas de estabilização	80-90	80-85	90-99

Fonte: Jordão e Pessoa (2014, p. 99)

Dentre essa diversidade de concepções de tratamento de esgoto, tem-se por exemplo, o processo por lodo ativados, lagoas de estabilização e filtração biológica (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

Em meio a toda essa diversidade quanto ao tipo de tratamento do efluente, há técnicas que são utilizadas para otimizar o tratamento escolhido, uma delas é o Tratamento Primário Quimicamente Assistido ou também chamado de Tratamento Primário Avançado. Este tratamento, consiste na adição de reagentes químicos ao efluente, com o propósito de desenvolver a coagulação química e a floculação, e também de acelerar a sedimentação. Na coagulação são utilizadas pequenas concentrações de sais de ferro (de 10 a 30 mg/L), sendo elas combinadas ou não com polímeros aniônicos. A floculação é alcançada depois da adição de polímeros aniônicos, seguida à ação de forças eletrostáticas as quais permitem a aglomeração das partículas coaguladas em flocos de maior tamanho. Por último, na sedimentação, é possível observar, o desenvolvimento da velocidade de sedimentação das partículas em função do aumento da sua dimensão (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

No quadro 2.3.3, são apresentadas algumas das vantagens e desvantagens do Tratamento Primário Avançado (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

Quadro 2.3.3 Vantagens e desvantagens do Tratamento Primário Quimicamente Assistido

VANTAGENS	DESVANTANGES
<ul style="list-style-type: none">• Maior eficiência de remoção de Sólidos Suspensos Totais (SST) e DBO• Possível remoção de fósforo, de acordo com a dosagem• Menor quantidade de decantadores• Menor área ocupada• Possível controle de odores na entrada da ETE• Sendo menor a carga afluyente à fase de tratamento secundário, os tanques de aeração serão menores, assim como a potência instalada e a energia consumida• Menor custo de investimento inicial	<ul style="list-style-type: none">• Custos operacionais dos produtos químicos• Operação e manuseio de reagentes químicos• Maior geração de lodo primário• Maiores custos de instalação e operação das unidades de tratamento de lodo

Fonte: Jordão e Pessoa (2014, p. 287)

Independente da configuração e das unidades de tratamentos adotadas no sistema, a resolução CONAMA nº357, de 15 de Março de 2005 (complementada pela resolução CONAMA 430/2011), estabelece, quanto às condições de padrões de lançamento de esgoto, que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos nesta resolução”.

Com o intuito de avaliar se as condições de tratamento alcançadas, encontram-se de acordo com a legislação, os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos, devem realizar o auto monitoramento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos (BRASIL, 2011), sendo que a amostragem seja realizada a jusante da zona de mistura dos corpos receptores.

2.4. Zona de mistura

De acordo com a resolução nº 430 de maio de 2011 CONAMA a zona de mistura é a

região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente, e delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro. (BRASIL, 2011)

Após o lançamento de efluente no corpo receptor pela estação de tratamento de esgoto, aflui uma nova concentração dos parâmetros que são indicativos da qualidade da água, a qual

pode-se nomear como concentração da mistura. Esta nova concentração, ocorre devido a uma diluição inicial, decorrente da vazão do corpo hídrico. (JORDÃO; PESSÔA, 2014)

O estudo da zona de mistura possibilita entender o fluxo, a decomposição e a dispersão dos compostos presentes nos efluentes emitidos nos corpos d'água. Este entendimento mostra-se bastante útil para a solução de muitas adversidades presentes no lançamento de esgoto doméstico nos rios (MACHADO, 2006).

Contudo, a avaliação da zona de mistura de efluentes mostra-se de grande importância para a reparação no caso de empreendimentos de impacto significativo no corpo receptor, e também, para a determinação da capacidade de resistência de carga do corpo hídrico receptor imposta nos processos de licenciamento ambiental.

Para o cálculo da zona de mistura deve ser levantada uma estimativa das vazões do corpo hídrico que é estudado, para que possa avaliar a disponibilidade hídrica real que será utilizada para a diluição do efluente. A metodologia do estudo a ser aplicada dependerá das informações quanto às vazões do rio estudado. Devido à ocorrência de variações na vazão, interligadas com as estações do ano (seca e chuva), há alterações na zona de mistura.

2.5. Monitoramento e controle de qualidade do efluente

Para uma ponderação da qualidade do tratamento de uma determinada ETE de maneira a adequar-se à legislação vigente e, também, evitar danos ao meio ambiente, é executado um plano de monitoramento, o qual consiste em realizar amostragem de determinados parâmetros com uma frequência estabelecida (METCALF; EDDY, 2016).

Amostragem é o processo de coleta de uma pequena quantidade do material a ser observado em volume considerável e representativo para a execução das análises propostas.

A amostragem é realizada por diversos motivos, como por exemplo, obtenção de dados operacionais rotineiros sobre a operação geral de uma estação de tratamento. Esses dados são utilizados para evidenciar a execução de algum processo estipulado (METCALF; EDDY, 2016).

Segundo Peper et al² (1996 apud METCALF; EDDY, 2016, p. 63) para se conseguir os objetivos do estudo de amostragem, devem ser consideradas as seguintes características:

1. Representativos: Os dados devem representar o esgoto ou o ambiente que está sendo monitorado.
2. Reproduzíveis: Os dados obtidos devem ser reproduzíveis por terceiros que seguem os mesmos protocolos analíticos e de amostragem.
3. Defensáveis: A documentação deve estar disponível para validar os procedimentos de amostragem.
4. Úteis: Os dados podem ser utilizados para atender aos objetivos do plano de monitoramento.

Pode-se notar que, por meio dos dados obtidos, e da caracterização de amostra, a amostragem é bastante útil para a implementação de sistemas de programas e de gestão de esgoto. Não há métodos universais para realizá-la. Os programas de amostragem são realizados exclusivamente para atender a cada situação. (METCALF; EDDY, 2016).

2.6. Caracterização da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto e do Sistema de Tratamento de efluente

A Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto foi inaugurada no ano de 2003, com uma capacidade para tratar até 2300 L/s de esgoto. Hoje, a vazão média de esgoto, que chega a ETE, é de aproximadamente 1400 L/s (SANEAGO, 2017).

Para o planejamento de uma ETE, principalmente daquelas que se utilizam de tratamento primário avançado, não se pode considerar apenas o investimento inicial. Há que se levar em conta os gastos operacionais, com compra e manuseio de reagentes químicos, quantidade de lodo a ser estabilizada e desidratada. E um último custo que possa surgir, caso haja a necessidade de uma futura implantação e operação de um tratamento secundário para se adequar o tratamento às normas impostas pela resolução 357 da CONAMA. (JORDÃO, PESSÔA, 2014)

² PEPPER, I. L., C. P. Gerba, and M. L. Brusseau (eds) (1996) Pollution Science, Academic Press, San Diego, CA.

No Quadro 2.6.1, são apresentadas estimativas de custos de investimento da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto com a vazão final de projeto de 3,2 m³/s.

Quadro 2.6.1 Custos de investimento com base no ano de 1999

Fluxograma de Tratamento	Etapa Final (R\$ X 10 ⁶).
1. Primário Convencional + Lodos Ativados + Digestão Anaeróbica	56,8
2. CEPT + Lodos Ativados + Digestão Anaeróbica	45,6
3. CEPT + Lodos Ativados + Estabilização Química	37,5
4. Primário Convencional + Lodos Ativados + Estabilização Química	51,6

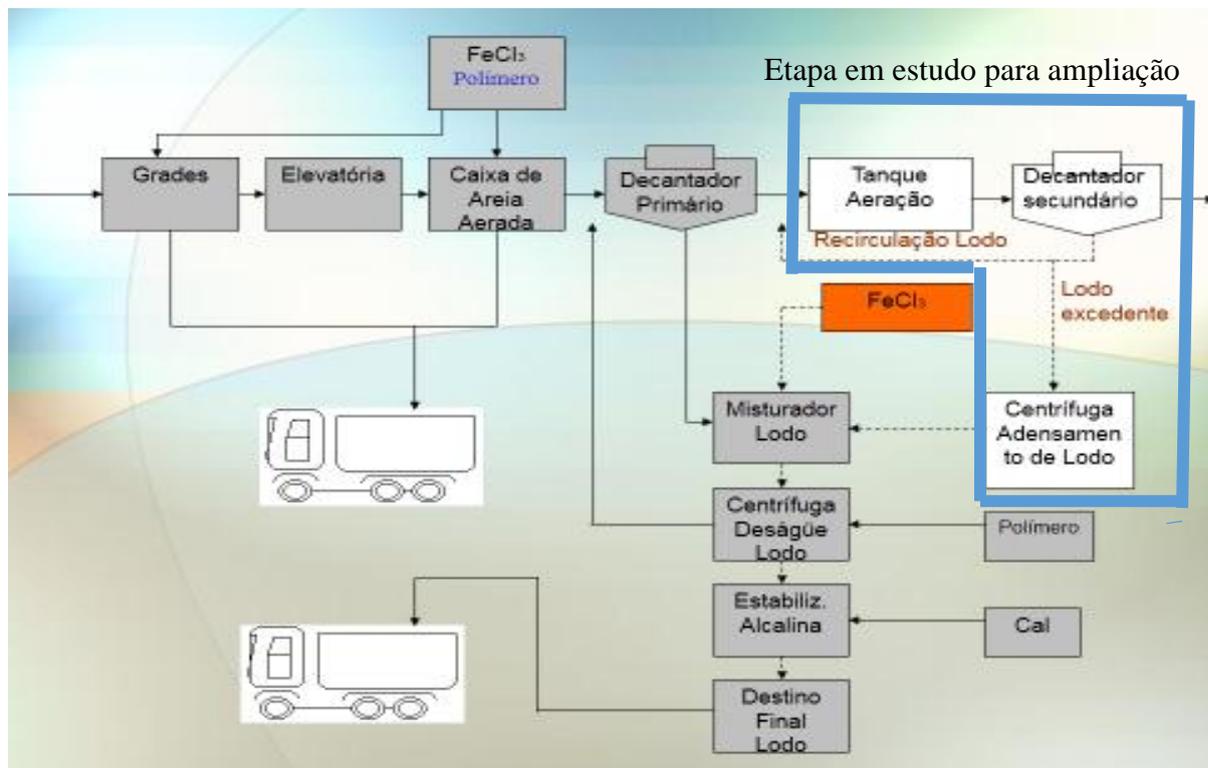
Fonte: Jordão e Pessoa (2014, p. 289)

Diante dos custos apresentados, a ETE Goiânia foi projetada e executada com método de tratamento primário quimicamente assistido ou também chamado de tratamento primário avançado. Este tratamento consiste em adicionar reagentes químicos ao efluente, com a intenção de promover a coagulação química e posterior floculação, para potencializar e acelerar a sedimentação (SANEAGO, 2002). Em função do tratamento adotado, o sistema apresentou-se financeiramente vantajoso, comparado a outras formas de estabilização química do lodo. (JORDÃO, PESSÔA, 2014)

Também, está prevista a implantação de um sistema de lodos ativados como processo secundário, o qual ainda não tem uma data estabelecida para sua execução.

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma do planejamento para o sistema de tratamento da ETE Goiânia.

Figura 1 Sistema de tratamento planejado da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto



Fonte: SANEAGO (2018)

O efluente chega à ETE por recalque de duas estações elevatórias, a partir das contribuições dos interceptores dos rios Anicuns e Meia Ponte. A primeira etapa é composta pelo tratamento preliminar, formada por duas grades grossas de limpeza manual e três grades finas de limpeza mecanizada, a seguir o efluente gradeado escoar para os canais de acesso para as caixas desarenadoras. O material retido na grade e na caixa de areia são transportados para o aterro sanitário (SANEAGO, 2002).

Após o tratamento preliminar, a vazão é medida em um medidor do tipo calha Parshall. Junto a calha, no canal de saída da caixa desarenadora, é feita a adição de polímeros como agente de coagulação para a decantação primária. Esse procedimento tem como objetivo favorecer a sedimentação. Em seguida, o efluente é distribuído para os decantadores primários, por meio de uma caixa de distribuição (SANEAGO, 2002).

Nos decantadores, o lodo é sedimentado em função das próprias condições de flocos, os quais são gerados pela aplicação dos agentes químicos e, também, da característica da velocidade

de sedimentação em que estão as partículas sólidas. O lodo sedimentado, em seguida, é lançado para um poço central, o qual se encontra ao fundo de cada decantador, de onde é bombeado para um tanque de armazenamento de lodo. O efluente primário tratado é lançado diretamente por gravidade ao rio Meia Ponte (SANEAGO, 2002).

O lodo primário presente no tanque de armazenamento, é recalcado para o processo de desidratação mecânica, que ocorre por centrifugação. O lodo seco, mecanicamente é misturado com cal virgem (CaO), com o objetivo de estabilizá-lo e de melhorar suas características de manipulação. Após essa etapa, o lodo é transportado com a função de recuperação de áreas degradadas (SANEAGO, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização do objeto e da área de estudo

O objeto do presente estudo é a extensão do rio Meia Ponte compreendida entre aproximadamente dois metros a montante do lançamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto (ETE Goiânia) até aproximadamente 320 metros à jusante do seu tributário rio Anicuns, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 Trecho (em azul) do emissário final até a confluência do rio Anicuns com o rio Meia Ponte



Fonte: Google Earth (adaptado), 2018

Para caracterizar a área de estudo, foram levantados dados qualitativos e quantitativos do rio Meia Ponte e seu afluente Anicuns, tais como, extensão, vazão, cota, área abrangente e localização. O levantamento desses dados ocorreu por meio de pesquisas em artigos científicos sobre o tema e documentos internos da SANEAGO. Também foram feitas visitas *in loco*, durante os meses de junho, outubro e dezembro para registro fotográfico do local que auxiliaram nas análises dos dados. O enfoque dado no tratamento dos resultados foi a comparação desses dados em diferentes estações do ano.

3.2. Caracterização ETE Goiânia

O levantamento de informações referentes ao sistema de tratamento de esgoto adotado pela ETE Goiânia, como por exemplo, desempenho e investimento, foi feito por meio de laudos e manuais fornecidos pela SANEAGO.

Os dados dos parâmetros físico-químicos do esgoto doméstico tratado foram comparados com a legislação vigente Lei número 8544 de 17/10/78 (SEMAGO/84) e Resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011.

3.3. Amostragem e Pontos de coleta

Para a execução do estudo, foram determinados 19 pontos de amostragem, sendo 16 pontos localizados entre a descarga do emissário final da ETE Goiânia até o encontro do córrego Anicuns com o rio Meia Ponte (trecho de aproximadamente 320 metros), 1 ponto à montante do lançamento de efluente da ETE Goiânia ($16^{\circ}38'11.91''S$ $49^{\circ}15'53.60''O$), 1 ponto no córrego Anicuns a aproximadamente 2 metros do seu encontro com o rio Meia Ponte ($16^{\circ}38'23.53''S$ $49^{\circ}15'51.07''O$) e, por último, 1 ponto a jusante da zona de mistura entre o efluente e o rio Meia Ponte ($16^{\circ}38'31.89''S$ $49^{\circ}15'24.34''O$). Sendo este último ponto, determinado através do estudo da avaliação da capacidade de suporte do rio Meia Ponte realizado pela SANEAGO.

Os 16 pontos no trecho entre o lançamento do emissário final até o encontro do Anicuns com o Meia Ponte foram distribuídos em 4 localizações denominadas “zona A”, “zona B”, “zona C” e “zona D”, distante entre si aproximadamente 105 metros. Na Figura 3 encontra-se apresentada a imagem de satélite da localização dos pontos de amostragem.

Figura 3 Imagem Satélite do trecho onde se encontra os pontos de coleta das respectivas zonas determinadas



Fonte: Google Earth (adaptado), 2017

A “zona A” encontra-se imediatamente após a emissão do efluente doméstico tratado no rio Meia Ponte ($16^{\circ}38'12.54''S$ $49^{\circ}15'52.94''O$). Esse trecho apresenta uma largura de aproximadamente 30 metros e os pontos de amostragem (A1, A2, A3 e A4), são separados por uma distância de aproximadamente 10 metros cada.

A “zona B”, encontra-se aproximadamente a 105 metros do emissário ($16^{\circ}38'15.37''S$ $49^{\circ}15'52.08''O$). Essa zona apresenta uma largura de aproximadamente 20 metros, dividida em 4 pontos (B1, B2, B3 e B4), todos relativamente situados a uma distância aproximada de 6,5 metros cada. Em seguida, sucede-se a “zona C” ($16^{\circ}38'19.12''S$ $49^{\circ}15'51.09''O$) a aproximadamente 210 metros do emissário final, cuja largura é de aproximadamente de 20 metros. Dentro dela, foram separados 4 pontos (C1, C2, C3 e C4), a uma distância relativa de aproximadamente 6,6 metros de um ponto para o outro. Por último, encontra-se a “zona D” ($16^{\circ}38'21.74''S$ $49^{\circ}15'50.77''O$) a aproximadamente 320 metros do emissário. Essa zona

também apresentou uma largura de aproximadamente 20 metros e também fora dividida em 4 pontos (D1, D2, D3 e D4), separados por uma distância de aproximadamente 6,6 metros.

A amostragem foi realizada em três períodos ao longo ano de 2017, uma realizada no mês de junho (21/06/2017), outra no mês de outubro (13/10/2017) e uma última, em dezembro (20/12/2017) de 2017. Obtendo, desta forma, amostragem de diferentes estações do ano. As coletas foram realizadas usando barco como meio de transporte, com a presença e supervisão de um técnico especializado da SANEAGO e com o auxílio do corpo de bombeiros.

3.4. Análises físico-químicas de amostras do rio

Os parâmetros abióticos analisados foram oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, temperatura, pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e profundidade. Eles foram aferidos *in loco*, por meio de uma sonda multiparâmetros marca Hydrolab modelo Quanta (Figura 4).

Figura 4 Sonda Multiparâmetros Hydrolab modelo Quanta



Fonte: Próprio autor

Para a análise de DQO, a amostra foi coletada no local e acondicionada em frasco, previamente identificado, contendo solução de sulfato de prata e solução de digestão. Após a coleta, a amostra foi encaminhada para o laboratório de monitoramento da SANEAGO, onde realizou-se o ensaio, de acordo com as referências normativas “Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater – 22ª Edição-2012-5220 C” e “The handbook Dr/5000 laboratory spectrophotometer”.

3.5. Avaliação da dinâmica longitudinal e sazonal dos parâmetros abióticos no trecho compreendido entre o lançamento do efluente e o afluente do rio Anicuns

Para a avaliação da dinâmica dos parâmetros abióticos, os resultados das análises físico químicas das amostras coletadas nos diferentes pontos de amostragem foram comparados. As diferenças entre eles foram avaliadas por meio de análise estatística descritiva, adotando-se como parâmetros média, desvio padrão, e o coeficiente de variação.

Os resultados foram plotados em gráficos e tabelas, utilizando o software Excel.

As análises estatísticas foram realizadas em dois conjuntos. No primeiro conjunto, foram feitos os cálculos da média, desvio padrão e do coeficiente de variação para os valores dos resultados de cada parâmetro abiótico obtidos dentro de uma mesma zona, por exemplo, A1, A2, A3 e A4. No segundo conjunto, foram feitos os cálculos da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação, referente aos resultados dos parâmetros abióticos obtidos para os pontos de mesma numeração, porém em zonas diferentes, ou seja, para “A1, B1, C1 e D1”, para “A2, B2, C2 e D2”, e assim sucessivamente.

No Quadro 3.5.1 encontra-se esquematizada a combinação utilizada para análise estatística dos resultados dos parâmetros abióticos obtidos nos diferentes pontos de amostragem.

Quadro 3.5.1 Combinação utilizada para análise estatística dos resultados

A1	A2	A3	A4	Média _{A1, A2, A3, A4}
B1	B2	B3	B4	Média _{B1, B2, B3, B4}
C1	C2	C3	B4	Média _{C1, C2, C3, C4}
D1	D2	D3	D4	Média _{D1, D2, D3, D4}
Média _{A1, B1, C1, D1}	Média _{A2, B2, C2, D2}	Média _{A3, B3, C3, D3}	Média _{A4, B4, C4, D4}	

Fonte: Próprio autor

Para qualificar a variabilidade dos dados obtido nas diferentes zonas foi adotada a classificação proposta por Correa (2003), a qual considera valores menores ou iguais a 15%

como baixo (baixa dispersão dos dados), entre 15% e 30% como médio (média dispersão dos dados) e maior que 30% como alto (alta dispersão dos dados).

As médias dos resultados obtidos nas análises *in loco* também foram comparadas com valores teóricos, considerando mistura completa entre o efluente e o corpo receptor. Para tal, foi utilizada a equação de diluição apresentada na equação 3.1.

$$C_m = \frac{C_{rio} * Q_{rio} + C_{efluente} * Q_{efluente}}{Q_{rio} + Q_{efluente}} \quad (3.1)$$

Onde:

C_m = Concentração teórica da mistura;

C_{rio} = Concentração no rio Meia Ponte;

Q_{rio} = Vazão do rio Meia Ponte;

$C_{efluente}$ = Concentração no efluente tratado;

$Q_{efluente}$ = Vazão do efluente tratado.

Os dados de concentração dos parâmetros (condutividade, OD, pH e DQO) no rio (Meia Ponte e Anicuns) foram aferidos *in loco*. Enquanto os valores referentes ao esgoto foram obtidos em relatórios da SANEAGO. Relatórios esses, referentes a períodos anteriores ao do presente estudo, sendo o valor da condutividade resultante da medição ocorrida no dia 28/03/2017, para a primeira coleta e o valor de medição do dia 05/10/2017 para a segunda e terceira coleta. Para a concentração de OD do efluente tratado, os valores foram obtidos em amostragens ocorridas nas datas, 01/06/2017 (para primeira coleta), 31/10/2017 (para segunda coleta) e 01/12/2017 (para terceira coleta). Já os valores de pH e da concentração de DQO do efluente tratado, para a primeira coleta foi adotado a média dos valores entre os dias 20/06/2017 e 22/06/2017. Para a segunda coleta, foi utilizado o valor aferido no dia 05/10/2017 e, para a terceira coleta, a média entre os dias 19/12/2017 e 21/12/2017.

Para as vazões do efluente tratado, foram adotadas as vazões médias diárias dos respectivos dias de realização das coletas, obtidas através de laudos da SANEAGO. Os dados das vazões do rio Meia Ponte, foram obtidos através de relatórios da estação 60640000 Montante de

Goiânia (-16,613611 -49,279722), fornecidos pela Agência Nacional da Água (ANA, 2018). Foi feita a média das vazões entre os anos de 2006 a 2016 dos meses de junho, outubro e dezembro, conforme os dados apresentados no apêndice A.

Para avaliar a interferência da qualidade atual da água do rio Anicuns em relação às características físico-químicas da água do rio Meia Ponte, na zona de mistura entre o rio e o despejo da ETE, foi realizada uma comparação entre as concentrações reais de OD, DQO e valores de condutividade e pH, os quais foram obtidos *in loco*, com os valores teóricos de mistura (C_m na eq. 3.2), considerando a qualidade da água do rio Anicuns em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para os parâmetros de OD e pH. Porém, as situações nas quais o valor aferido à montante do rio Meia Ponte, encontrava-se em melhor condição que o limite estabelecido pela Resolução, o mesmo é que foi adotado, da mesma maneira foi aplicado para a condutividade e DQO, pois estes não apresentam condições na devida Resolução.

Para o rio Anicuns, não foi possível a obtenção das séries históricas de vazões, portanto, foram utilizadas vazões fornecidas por laudos da SANEAGO dos meses de março e agosto de 2017 e fevereiro de 2018. Sendo esta, a ordem para a utilização na sucessão das coletas.

$$C_m = \frac{C_{rio} * Q_{rio} + C_{efluente} * Q_{efluente} + C_{anicuns} * Q_{anicuns}}{Q_{rio} + Q_{efluente} + Q_{anicuns}} \quad (3.2)$$

Onde:

C_m = Concentração teórica da mistura;

C_{rio} = Concentração no rio Meia Ponte;

Q_{rio} = Vazão do rio Meia Ponte;

$C_{efluente}$ = Concentração no efluente tratado;

$Q_{efluente}$ = Vazão do efluente.

$C_{anicuns}$ = Concentração do rio Anicuns considerando conformidade com Resolução nº 357/2005 ou valor aferido a montante do rio Meia Ponte;

$Q_{anicuns}$ = Vazão do rio Anicuns.

A comparação dos valores das concentrações teóricas com a média, também foi feita dentro um intervalo da média. Esse intervalo foi denominado como variância, o qual foi encontrado através da lei de distribuição T-STUDENT, conforme apresentado na equação 3.3.

$$\mu = t * \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (3.3)$$

Onde:

μ = Variância;

t = Distribuição t de Student com N-1 graus de liberdade;

S = Desvio Padrão;

N= Número de amostras.

Para determinar o valor de “t” na equação 3.3, adotou-se um nível de confiança de 95% e a tabela apresentada no anexo A. Os resultados permitem afirmar, com uma confiança de 95%, que o valor verdadeiro da concentração analisada esteja no intervalo calculado, de acordo com variância encontrada em relação à média (Média \pm Variância).

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange o rio Meia Ponte, a partir da montante de lançamento de efluente da ETE Goiânia ($16^{\circ}38'11.91''S$ $49^{\circ}15'53.60''O$) até jusante da zona de dispersão do efluente (SANEAGO, 2017), localizada na ponte da Avenida Pedro Paulo de Souza ($16^{\circ}38'31.89''S$ $49^{\circ}15'24.34''O$) (Figura 5) abrangendo um percurso de aproximadamente 2,2 quilômetros (km). Antes do ponto de dispersão do efluente no rio Meia Ponte, tem-se a confluência entre o rio Meia Ponte e o ribeirão Anicuns (Figura 6). Nesse trecho, também, encontra-se localizado o lançamento do esgoto tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto (Figura 7).

Figura 5 Imagem Satélite a jusante (conforme indicado na seta) da zona de mistura do efluente da ETE Goiânia (SANEAGO, 2017)



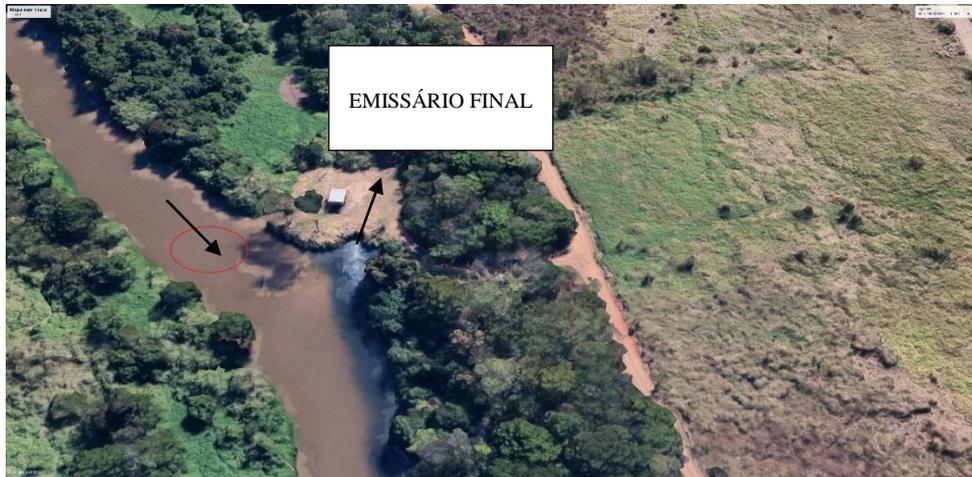
Fonte: Google Earth, 2017

Figura 6 Imagem Satélite do encontro do córrego Anicuns com o Rio Meia Ponte (conforme indicado na seta)



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 7 Imagem satélite a montante (conforme indicado na seta) do despejo de efluente da ETE Goiânia



Fonte: Google Earth, 2017

O rio Meia Ponte nasce na Serra dos Brandões, entre os limites de Ituaçu e Taquaral de Goiás, na cota 1.000 metros a 60 km de Goiânia. Ele percorre uma extensão de 471,6 km até desaguar no rio Paranaíba na cota 395 metros. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de aproximadamente 12.180 km², o que representa cerca de 4% da área do estado de Goiás, sendo o principal manancial que abastece a cidade de Goiânia (OLIVEIRA et al., 2013).

Além disso, o rio Meia Ponte é um rio de Classe 2. Essa classificação é atribuída a rios para o abastecimento público, através de tratamento convencional, manutenção da vida aquática e recreação com contato primário.

O ribeirão Anicuns apresenta uma extensão de 9,7 quilômetros, onde desaguam os principais cursos d'água urbanas de Goiânia. Para ele afluem os córregos Macambira, Cascavel e Botafogo, os quais drenam toda a área central de Goiânia e parte das regiões oeste, sul e leste. Estima-se que 70% da população da capital estejam nestas sub-bacias. O ribeirão Anicuns está entre os mais poluídos da capital. Isso se deve devido ao crescimento desordenado de Goiânia, o que acarreta em despejos de resíduos sólidos, como entulho industrial e pneus, esgotos, resíduos domésticos, utilização de fossa séptica em loteamentos e ocupações irregulares de brejos (CAIXETA, 2009).

Desta forma, a alteração na qualidade das águas do rio Anicuns pode influenciar de forma significativa na avaliação de desempenho da ETE Goiânia, cujo ponto de dispersão encontra-se a aproximadamente 2,2 quilômetros a jusante do ponto de confluência.

4.2. Dinâmica longitudinal e sazonal dos parâmetros abióticos

4.3.1 Comparação dos resultados das análises físico-químicas em pontos de amostragem dentro de uma mesma Zona

A primeira coleta foi realizada no dia 26 de junho de 2017, em uma época de seca, sem a ocorrência de chuvas, durante todo o mês de junho, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2017).

No Quadro 4.3.1, são apresentados os resultados das médias das análises da concentração de OD e DQO e, também, as médias dos valores de pH e condutividade obtidos nos pontos transversais ao fluxo do rio, durante a primeira coleta. Além desses, são apresentados os valores teóricos de mistura completa para efeito de comparação.

Quadro 4.2.1 Conferência dos dados aferidos *in loco* correlacionados estatisticamente com suas concentrações (primeira coleta)

1º Coleta (21/06/2017)					
	Zona	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	DQO (mg/L)
Valores reais	A*	250 ± 318 (CV = 79,85%)	8,57 ± 3,82 (CV = 28,02%)	7,15 ± 0,41 (CV = 3,58%)	150 ± 382 (CV = 160,0%)
	B	390 ± 263 (CV = 42,40%)	6,66 ± 2,96 (CV = 27,93%)	7,11 ± 0,17 (CV = 1,54%)	264 ± 272 (CV = 64,79%)
	C	446 ± 147 (CV = 20,70%)	6,04 ± 2,31 (CV = 24,08%)	7,05 ± 0,06 (CV = 0,55%)	264 ± 176 (CV = 41,96%)
	D**	433 ± 130 (CV = 18,81%)	5,38 ± 1,97 (CV = 23,05%)	7,09 ± 0,12 (CV = 1,05%)	256 ± 65 (CV = 15,85%)
Valor em caso de mistura completa		225	8,37	6,74	173
Valor em caso de mistura completa (com interferência do rio Anicuns em condições reais)		255	7,53	6,85	142
Valor em caso de mistura completa (***)		208	8,59	6,73	162
* Refere-se ao local mais próximo ao lançamento do efluente ** Local próximo à confluência do rio Anicuns *** Considerando o acréscimo de vazão do rio Anicuns em qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente)					

Fonte: Próprio autor

No Quadro 4.3.1 pode ser verificado, como esperado, a mistura do efluente com as águas do rio Meia Ponte. Nota-se, em todos os parâmetros, que o coeficiente de variação (CV) diminui ao longo do percurso, alcançando os menores valores na Zona D (aproximadamente 320 metros do lançamento do efluente). De acordo com o estabelecido por Correa (2003), a dispersão entre os valores obtidos pode ser considerada entre baixa e média, diante do fato destes valores serem $\leq 15\%$ e $15\% \leq CV \leq 30\%$, respectivamente.

No entanto, ao comparar os valores obtidos com as concentrações esperadas em caso de mistura completa, essas ainda apresentam diferença significativa, principalmente, nos valores de condutividade e DQO, cujos resultados foram 92,44% e 47,98%. Portanto, maiores que os esperados na mistura.

Entre os parâmetros analisados, o pH foi o que apresentou menor dispersão ao avaliar o coeficiente de variação, assim como a diferença entre o obtido e o esperado em caso de mistura completa. Porém, esse comportamento pode estar associado ao fato de o valor do pH do efluente (6,7) não ser muito diferente do pH do rio (7,05).

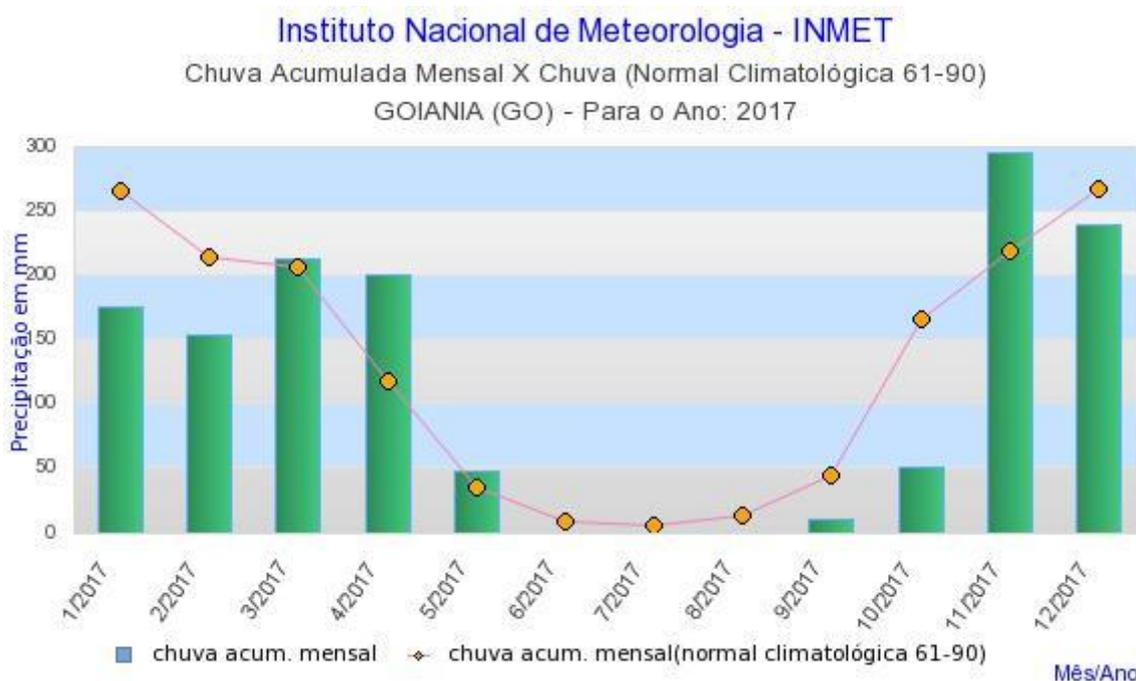
Desta forma, foi possível observar que não ocorreu a mistura completa do efluente com o rio Meia Ponte, antes do deságue do rio Anicuns no mesmo.

Em relação à interferência do rio Anicuns no rio Meia Ponte, ficou notável que, para a condutividade, DQO e OD, o rio Anicuns está afetando a qualidade do rio Meia Ponte negativamente. Entretanto, mostrou-se perceptível que se o rio Anicuns estivesse em condições de qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente), melhoraria na qualidade do rio Meia Ponte.

No Apêndice B, são apresentados os resultados dos parâmetros analisados durante o período de junho.

A segunda coleta foi realizada no dia 6 de Outubro de 2017. Essa data foi considerada crítica devido a um período de seca prolongada, conforme dados pluviométricos do INMET (2017) apresentados na Figura 8. Essa seca ocasionou uma significativa diminuição na vazão do rio Meia Ponte, alterando o seu volume na zona D (Figuras 9 e 10), onde foi realizada uma das amostragens.

Figura 8 Dados pluviométricos referente ao ano 2017



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2018

Figura 9 Imagem na zona D do rio Meia Ponte no período crítico de seca (06/10/17)



Fonte: Próprio autor

Figura 10 Deságue do rio Anicuns na “zona D” do rio Meia Ponte (06/10/17)



Fonte: Próprio autor

No Quadro 4.3.2, são apresentados os resultados das médias das análises físico-químicas e da análise estatística referente à segunda coleta.

Quadro 4.2.2 Conferência dos dados aferidos in loco correlacionados estatisticamente com suas concentrações (segunda coleta)

2º Coleta (06/10/2017)					
	Zona	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	DQO (mg/L)
Valores reais	A*	275 ± 290 (CV = 66,30%)	3,14 ± 1,72 (CV = 34,49%)	7,56 ± 2,54 (CV = 21,13%)	108 ± 226 (CV = 131,84%)
	B	372 ± 208 (CV = 35,19%)	2,68 ± 1,65 (CV = 38,80%)	7,38 ± 0,73 (CV = 6,20%)	237 ± 207 (CV = 54,92%)
	C	358 ± 205 (CV = 35,91%)	2,47 ± 1,15 (CV = 29,20%)	7,14 ± 0,21 (CV = 1,88%)	179 ± 211 (CV = 74,47%)
	D**	381 ± 152 (CV = 25,14%)	1,85 ± 1,74 (CV = 59,33%)	7,18 ± 0,14 (CV = 1,24%)	158 ± 183 (CV = 73,22%)
Valor em caso de mistura completa		289	3,62	6,79	166
Valor em caso de mistura completa (com interferência do rio Anicuns em condições reais)		280	3,46	6,83	149
Valor em caso de mistura completa (***)		277	3,79	6,75	158
* Refere-se ao local mais próximo ao lançamento do efluente ** Local próximo à confluência do rio Anicuns *** Considerando o acréscimo de vazão do rio Anicuns em qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente)					

Fonte: Próprio autor

Segundo os dados apresentados no Quadro 4.3.2, foi possível constatar que as médias obtidas na zona D para os parâmetros de condutividade e DQO, foram menores no período de maior estiagem (2ª coleta), quando comparadas à coleta realizada em junho/2017. Tal situação pode estar associada ao arraste superficial de material para os corpos d'água devido a eventos de chuva.

Por outro lado, percebe-se que, assim como na coleta anterior, os valores dos coeficientes de dispersão (com exceção para zona D, parâmetro OD) diminuem ao longo do percurso. No entanto, verifica-se que essa diminuição foi menos acentuada quando comparada com o período anterior. Provavelmente, isso corre em consequência da estiagem prolongada, que, ao diminuir a vazão do rio, diminui, também, sua capacidade de mistura. Neste caso, tanto os valores de DQO quanto de OD tiveram dispersão considerada alta e os demais parâmetros mantiveram a mesma classe de dispersão.

Para a variação de OD, cabe ressaltar o fato de se tratar de uma zona de decomposição ativa de matéria orgânica, o que pode ter levado, na prática, a um consumo do mesmo ao longo do percurso, sendo mais potencializado na zona D.

Comparando os valores dos resultados das análises com os valores teóricos, considerando mistura completa, verifica-se que somente a condutividade e o OD apresentaram diferença significativa, sendo 32% e 95%, respectivamente.

Já, o valor de pH apresentou o menor valor de dispersão na zona D. Assim como, a menor diferença entre o valor medido e o calculado na mistura completa (1,25%). Esses dados reforçam a hipótese para a coleta, a qual fora realizada em junho/2017, de que esta proximidade está associada ao fato de o valor do pH do efluente (6,7) não ser muito diferente do pH do rio (7,1).

Desta forma, como na amostragem do período anterior, foi possível observar que não ocorreu a mistura completa do efluente com o rio Meia Ponte, antes do deságue do rio Anicuns no mesmo, embora o valor de pH tenha levantado essa hipótese.

O deságue do rio Anicuns demonstrou um comportamento distinto da primeira coleta, havendo uma melhora nos parâmetros da condutividade e da DQO em condições reais. Portanto, se o rio Anicuns estivesse em condições de qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente), a sua interferência seria ainda mais benéfica para qualidade do rio Meia Ponte, segundo esses dois parâmetros. Entretanto, para a OD, a qualidade diminuiu. Ocorreria uma melhora apenas se o rio Anicuns estivesse em condições de qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente). Contudo, mesmo que o rio Anicuns estivesse nas devidas condições citadas anteriormente, ainda não se enquadraria dentro dos valores exigidos pela legislação vigente.

No Apêndice C, são apresentados os resultados dos parâmetros analisados durante o período de outubro

A terceira coleta foi realizada no dia 20 de dezembro de 2017. Por ser este um período chuvoso, houve uma influência significativa no volume de água, nos pontos de amostragem,

conforme mostrado na Figura 8, e conforme imagem fotográfica apresentada nas Figuras 11 e Figura 12.

Figura 11 Deságue do rio Anicuns no rio Meia Ponte (20/12/17)



Fonte: Próprio autor

Figura 12 Rio Meia Ponte (20/12/17)



Fonte: Próprio autor

No Apêndice D, são apresentados os resultados dos parâmetros analisados durante o período de dezembro. Esses resultados tornaram possível a elaboração do Quadro 4.3.3, no qual são apresentadas as análises estatísticas.

Quadro 4.2.3 Conferência dos dados aferidos *in loco* correlacionados estatisticamente com suas concentrações (terceira coleta)

3º Coleta (20/12/2017)				
	Zona	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	pH
Valores reais	A*	312 ± 557 (CV = 112,04%)	5,39 ± 3,80 (CV = 44,39%)	6,85 ± 0,13 (CV = 1,19%)
	B	185 ± 105 (CV = 35,65%)	6,19 ± 1,02 (CV = 10,40%)	6,94 ± 0,08 (CV = 0,76%)
	C	193 ± 69 (CV = 22,37%)	6,51 ± 0,43 (CV = 4,14%)	7,07 ± 0,05 (CV = 0,48%)
	D**	189 ± 50 (CV = 16,76%)	6,77 ± 0,30 (CV = 2,75%)	7,10 ± 0,05 (CV = 0,40%)
Valor em caso de mistura completa		188	6,32	6,67
Valor em caso de mistura completa (com interferência do rio Anicuns em condições reais)		193	5,93	6,60
Valor em caso de mistura completa (***)		170	6,44	6,56
* Refere-se ao local mais próximo ao lançamento do efluente ** Local próximo à confluência do rio Anicuns *** Considerando o acréscimo de vazão do rio Anicuns em qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente)				

Fonte: Próprio autor

Segundo o Quadro 4.3.3, percebe-se que o comportamento da variação dos parâmetros foi semelhante às demais amostragens, ou seja, diminuindo ao longo do percurso do rio Meia Ponte. Porém, como esperado, na zona D, os coeficientes de variação foram menores, podendo ser classificados entre média dispersão, para a condutividade e baixa dispersão para os demais. A condição de mistura entre rio e efluente pode ter sido influenciada pela maior vazão do rio no período.

Com relação às análises de DQO, essas foram descartadas, devido a um problema ocorrido no instrumento e no método utilizado para sua análise no laboratório.

Realizando a análise comparativa entre as concentrações reais medidas e os valores teóricos calculados para a respectiva região, verifica-se que esses apresentaram as menores diferenças

para todos os parâmetros considerados, inclusive, a partir da zona C, esses valores já se encontravam próximos.

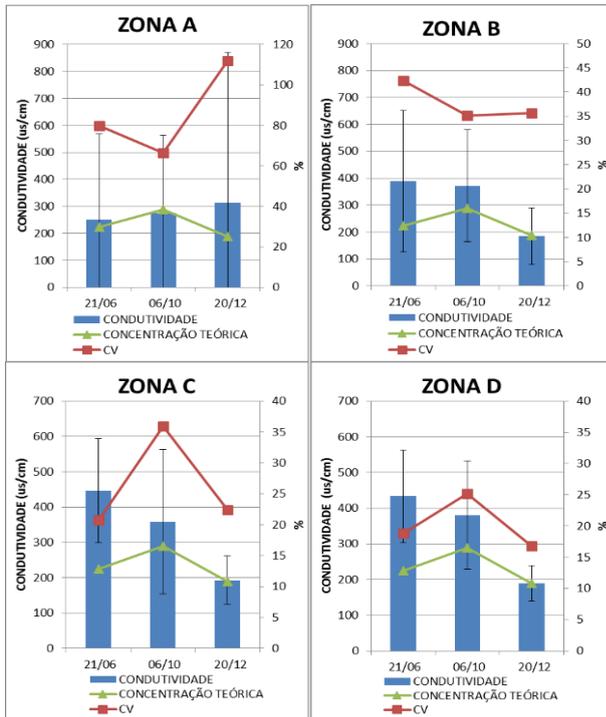
Desta forma, tendo em vistas, tanto a baixa dispersão dos resultados, ao considerar os valores de coeficientes de variação, assim como a diferença entre a concentração real medida e a teórica calculada, pode-se inferir que houve a mistura do efluente da ETE com o rio Meia Ponte a partir da zona “C”, para o período analisado.

Em relação à interferência do rio Anicuns, o mesmo demonstrou-se prejudicial para a qualidade do rio Meia Ponte em relação à condutividade e OD. Porém, como ocorrido nas outras duas coletas, estando o rio Anicuns em condições de qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente), o mesmo, torna-se benéfico para tais parâmetros.

4.3.2 Comparação dos resultados das análises físico-químicas em pontos de amostragem dentro de uma mesma Zona nas diferentes épocas de amostragem

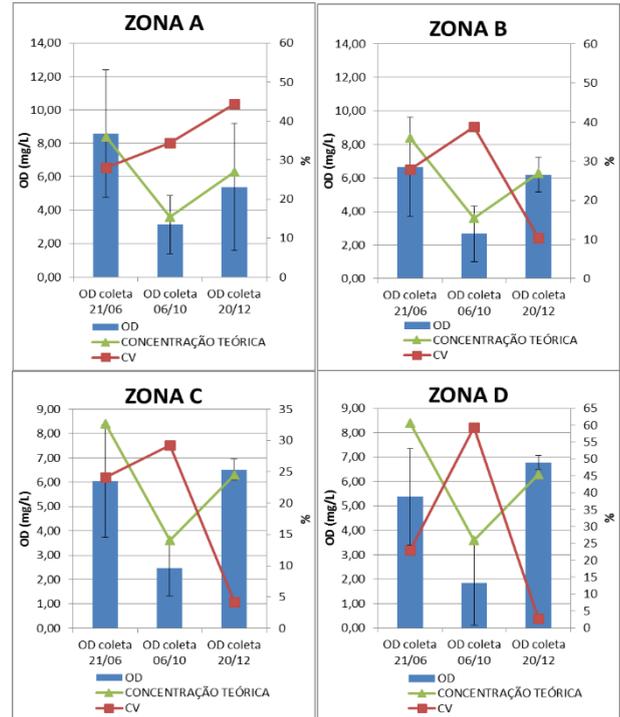
As Figuras de 13 a 16 apresentam a comparação entre si dos resultados das análises de condutividade, OD, pH e DQO (respectivamente) com suas variâncias. Esses resultados foram obtidos em uma mesma zona, porém em diferentes épocas, assim como o valor teórico da concentração em caso de mistura completa.

Figura 13 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para a condutividade



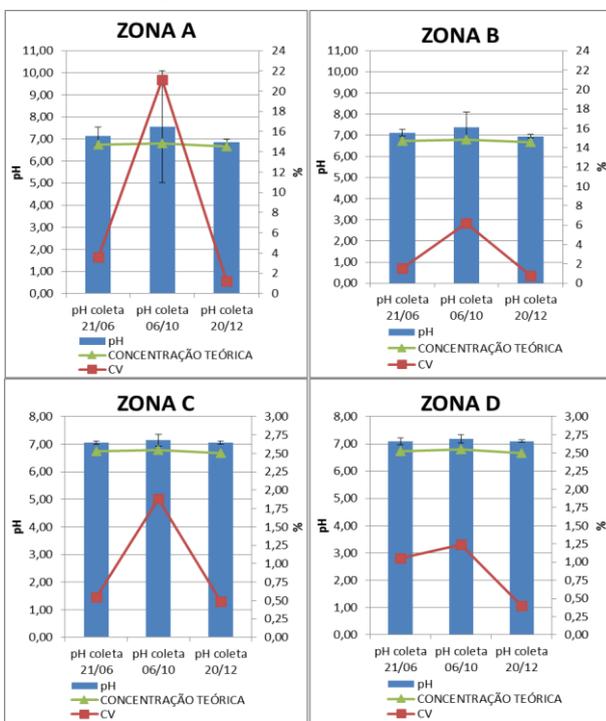
Fonte: Próprio autor

Figura 14 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para o OD



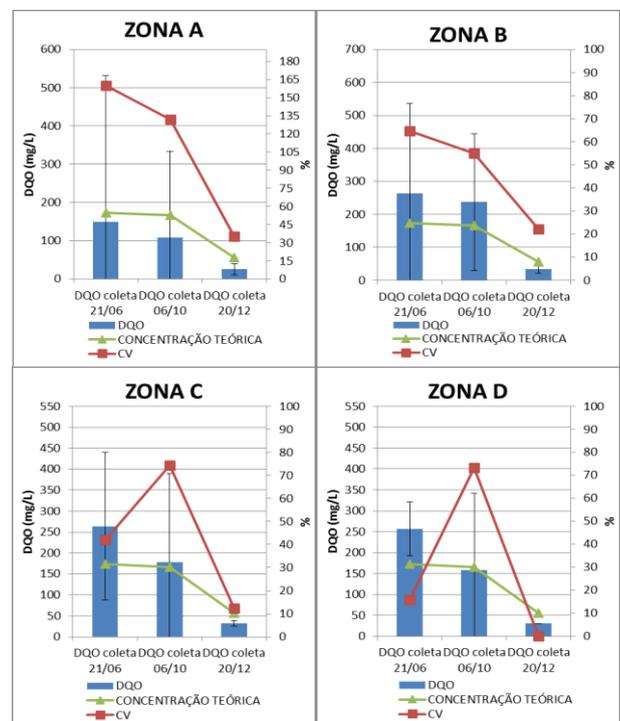
Fonte: Próprio autor

Figura 15 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para o pH



Fonte: Próprio autor

Figura 16 Concentrações reais e teóricas das distintas coletas para a DQO



Fonte: Próprio autor

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 13 a 16, pode-se verificar que o período chuvoso (amostragem realizada em 20/12), foi o que apresentou os melhores resultados tanto quando se analisa a dispersão, tanto quando se faz a comparação entre o resultado experimental e o valor teórico de mistura. Tal situação poderia ser explicada levando-se em consideração o fato de que maiores volumes de chuva contribuem para maior vazão do rio o que facilita a diluição do efluente no corpo d'água.

Também é possível verificar que a Zona D entre as demais, apresenta os melhores resultados da situação já esperada, visto que esta, encontra-se mais distante do ponto de lançamento, o que proporciona maior tempo de contato entre rio e efluente.

Em relação ao comportamento das zonas paralelas no rio, conforme mostrada pela Figura 17, as médias dos resultados das análises encontram-se apresentadas no Quadro 4.3.4, o qual fornece uma visão sobre a capacidade autodepuradora do rio nos diferentes períodos de coleta.

Figura 17 Zonas paralelas no rio Meia Ponte (Zona 1: Rosa, Zona 2: Amarela, Zona 3: Azul, Zona 4: Vermelha)



Fonte: Google Earth (adaptado), 2017

Quadro 4.2.4 Comparação das zonas perpendiculares entre as distintas coletas para os parâmetros analisados

CONDUTIVIDADE (µS/cm)												
ZONAS	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3			ZONA 4		
PERÍODOS PONTOS	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta
A	150	185	137	150	183	137	151	183	138	550	548	837
B	150	188	157	463	401	148	422	401	150	524	498	283
C	333	232	154	410	263	160	533	462	215	509	476	243
D	351	283	156	375	314	171	501	456	201	505	469	227
OD (mg/L O2)												
ZONAS	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3			ZONA 4		
PERÍODOS PONTOS	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta
A	10,75	2,22	6,65	9,24	3,82	6,57	9,16	4,3	6,52	5,14	2,22	1,8
B	8,68	4,19	6,44	7,8	2,4	6,53	5,3	2,27	6,57	4,88	1,84	5,23
C	6,9	3,05	6,75	7,64	3,12	6,72	4,91	1,93	6,19	4,71	1,76	6,39
D	6,65	2,85	6,91	6,22	2,72	6,87	4,47	1,11	6,5	4,17	0,71	6,81
pH												
ZONAS	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3			ZONA 4		
PERÍODOS PONTOS	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta
A	6,86	6,63	6,75	7,25	6,76	6,81	7,45	6,9	6,92	7,04	9,95	6,91
B	7,25	7,5	6,87	7,15	6,8	6,94	7,04	7,3	6,97	7,01	7,9	6,99
C	7,03	7,26	7,11	7,11	7,2	7,07	7,03	7,14	7,03	7,04	6,95	7,05
D	7,01	7,29	7,14	7,19	7,22	7,1	7,08	7,12	7,08	7,08	7,1	7,08
DQO (mg/L O2)												
ZONAS	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3			ZONA 4		
PERÍODOS PONTOS	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta
A	30	30	30	30	38,4	12	30	42	30	510	321	30
B	31,8	47,6	30	241	327	30	375	256	45	408	318	30
C	106	85	30	365	44	38	293	283	30	291	302	30
D	248	50	30	213	69	30	311	230	30	253	281	30
* Refere-se ao local mais próximo ao lançamento do efluente						** Local próximo à confluência do rio Anicuns						

Fonte: Próprio autor

Segundo o Quadro 4.3.4, foi possível notar que, no período da terceira coleta, ocorreu uma diferença brusca do valor no ponto crítico (A4) para os pontos que se sucedem (B4, C4, D4). Sendo esta distinção, positiva para a qualidade do rio, demonstrando que autodepuração do rio se correu em curto espaço longitudinal, ficando perceptível que a mistura total também ocorrerá da mesma maneira.

Entretanto, na primeira e na segunda coleta, apenas a condutividade apresentou uma melhora na qualidade do rio, com o suceder dos pontos, porém, ainda sim, o ponto “D4” apresentou uma diferença grotesca a mais (aproximadamente 300 µS/cm), em relação ao valor a montante. Para a DQO, em relação a primeira coleta, a uma queda brusca (aproximadamente 250 mg/L O2) dos valores da “A4” para a “D4”, porém, na segunda coleta, a diferença é pouca (40 mg/L O2) para os pontos especificados anteriormente, dando a entender que a

autodepuração acontece de maneira lenta neste período, ou seja, ainda está ocorrendo a diluição do efluente. Outra questão que reforça a ideia da baixa autodepuração foi o comportamento do OD nestes dois períodos. O OD tem o seu valor diminuindo no suceder das zonas, esta é uma característica típica da zona de decomposição ativa, e, como o valor do ponto D4 é o menor, percebe-se que, a zona de recuperação se sucederia ao encontro do Anicuns com o rio Meia Ponte.

Em relação ao comportamento do pH, a análise entre as zonas perpendiculares tem o mesmo comportamento entre as zonas paralelas. Este parâmetro apresentou a menor dispersão e menores diferenças entre os valores, o que reforça a percepção que este comportamento se dá em decorrência da proximidade dos valores do rio a montante e do efluente.

5. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho foi possível observar a importância do estudo dos impactos gerados pelo despejo de efluente doméstico tratado em corpos hídricos, analisar o comportamento do corpo receptor em relação à diluição e autodepuração do esgoto tratado lançado, além de compreender a influência de outras contribuições.

Em relação aos parâmetros físico-químicos analisados, estes apresentaram-se com uma certa relevância nos estudos para o OD, o qual mostrou que com o suceder das zonas, o mesmo pode fornecer uma visão das zonas de degradação, decomposição ativa, da zona de recuperação e já recuperada. Notou-se também que a DQO e o OD, foram os resultados com as médias que se encontraram mais parelha em relação à concentração teórica, enquanto a condutividade apresentou discrepância com a mesma (exceto para a terceira coleta). Reforça-se que o pH, tornou-se um parâmetro inconclusivo por apresentar valores próximos durante todo percurso estudado, o que pode ser explicado, pelos valores do pH do efluente lançado serem próximos aos do rio.

Verificou-se por meio dos resultados obtidos das análises físico-químicas, em pontos de amostragem de uma mesma zona, que, com o suceder das zonas, o coeficiente de variação e a variância vão diminuindo, mostrando a velocidade longitudinal da diluição e da mistura do efluente com o rio Meia Ponte. Portanto, constatou-se também, que, quando o coeficiente de variação se encontrava até 15%, ou seja, baixa dispersão, pode-se afirmar que ocorreu a mistura completa.

Observou-se, também, que os períodos de seca (primeira e segunda coleta), mostraram-se mais complexos para se determinar ponto representativo devido à ocorrência de uma média e alta dispersão de dados. Entretanto, os valores das concentrações teóricas encontraram-se dentro dos valores das médias, através do intervalo da variância, mesmo ocorrendo uma discrepância para o valor da variância, sendo os valores das médias das últimas zonas (“Zona D”), os pontos os quais são representativos para avaliação da qualidade do rio.

Para a terceira coleta, constatou-se que, durante este período, a diluição e a autodepuração do rio ocorrem de maneira mais rápida e curta, ocorrendo assim, a mistura completa para o OD e

condutividade. Esse fenômeno pode ser notado a partir da “Zona C”, onde os valores das médias encontram-se próximos ao valor da concentração teórica e o coeficiente de variação e a variância apresentam um menor intervalo. Diante dessa constatação, a “Zona C”, pode, assim, ser considerada como um ponto representativo. Entretanto, o ponto encontrado da “Zona D” apresenta maior respaldo, por apresentar uma menor variância e menor coeficiente de variação em relação à “Zona C”.

Concluiu-se, também, que o rio Anicuns está interferindo de forma negativa para qualidade do rio Meia Ponte, em que, as características físico-químicas do rio Anicuns apresentaram-se com uma qualidade inferior ao ponto a montante do rio Meia Ponte e também, fora dos padrões da legislação vigente para rios de classe 2. Todavia, se o rio Anicuns estivesse em condições de qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente), auxiliaria de forma positiva na diluição do efluente e na qualidade do rio Meia Ponte.

Para a realização da amostragem de maneira efetiva para a visualização do impacto do efluente para a qualidade do rio, de acordo com os resultados analisados, para qualquer período, recomenda-se, a amostragem na “Zona D”, pois foi aquela à qual obteve as menores variâncias e dispersão de dados (coeficiente de variação).

Para futuros estudos, recomenda-se a análise de mais parâmetros, e mais pontos, afim de que se obtenha uma menor dispersão de dados e, conseqüentemente, resultados mais verossímeis. Ressalta-se, porém, o fato de que para a execução de mais análises, o custo financeiro possa ser um empecilho. Contudo, a metodologia utilizada nessa pesquisa apresentou eficácia para estudos que necessitem forçar uma mistura completa, antes da sua real conclusão. Como, por exemplo, casos em que há contribuições difusas, as quais, podem causar alguma interferência antes do equilíbrio biológico entre as concentrações dos poluentes e do corpo receptor.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Sistema de Informações Hidrológicas**. Rede Hidrometeorológica Nacional 2018. Disponível em: <www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em 02 de Agosto de 2018.

BRASIL. **Lei nº9605, de 12 de Fevereiro de 1998**. Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasil. 1998.

CAIXETA, D. M. Mapeamento, Identificação e Monitoramento das Áreas de Proteção Permanente ao longo do Ribeirão Anicuns no Município de Goiânia - Go, **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 617-622.

CONAMA. **Resolução nº357, de 17 de Março de 2005**. 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 providencias. Brasil. 2005.

CONAMA. **Resolução nº430, de 13 de Maio de 2011**. Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasil. 2011.

CORREA, S.M.B.B. **Probabilidade e Estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC MINAS, 2003.116 p.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>. Acesso em 22 de Fevereiro de 2018.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014. 1050 p.

JUNG, E.J. **Caderno de Estatística II**. Santa Cruz do Sul – Faculdade Dom Alberto, 2010. 53 p. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/leandrofamilia/estatstica-ii-emerson-jos-jung>>. Acesso em 28 de Maio de 2018.

MACHADO, M.B. **Modelagem tridimensional da dispersão de poluentes em rios**. 2006.147 f.Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

METCALF, EDDY. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 1980 p.

MEYBECK, M.; HELMER R. Na introduction to water quality In: CHAPMAN, D. **Water**

quality assessment. Cambridge, University Press, 1992. 585p.

OLIVEIRA, L. F. C.; CALIL, P. M.; RODRIGUES, C.; LIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 222-238, 2013. DOI: 10.4136/ambi-agua.914.

ORSSATTO, F. Avaliação do oxigênio dissolvido do Córrego Bezerra a montante e a jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**: Porto Alegre. v. 6, supl. 1, p.27-28. 2008.

SANEAGO. **Esgotamento Sanitário ETE Dr. Hélio Seixo de Britto (ETE GOIÂNIA)**. Disponível em: <www.saneago.com.br/2016/index.html#esgoto>. Acesso em 22 de Setembro de 2017.

SANEAGO. **Avaliação da capacidade suporte Rio Meia Ponte**. Goiânia, Goiás: 2017. 29 p.

SANEAGO. **Manual de procedimento básicos de operação**. Goiás: 2002. 65 p.

SANEAGO. **Relatório de operação**. Estação de tratamento de esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto, Goiânia, Goiás: 2017.

SANEAGO. **Resultado de análise de esgoto**. Estação de tratamento de esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto, Goiânia, Goiás: 2017.

SEMAGO. **Lei nº8544, de 17 de Outubro de 1978**. Controle do meio ambiente. Goiás. 1978.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A – Vazões a montante de Goiânia (estação 60640000)

Estação Código	Data	Vazão diária (L/s)		
		Máxima	Mínima	Média
60640000	01/06/2000	16,09	9,03	13,09
60640000	01/10/2000	11,26	3,18	6,15
60640000	01/12/2000	80,35	18,09	42,64
60640000	01/06/2001	18,09	9,55	13,06
60640000	01/10/2001	39,9	7,18	15,64
60640000	01/12/2001	45,16	16,09	28,21
60640000	01/06/2002	15,65	10,38	13,13
60640000	01/10/2002	20,14	3,29	5,95
60640000	01/12/2002	44,32	5	21,85
60640000	01/06/2003	17,42	12,21	14,63
60640000	01/10/2003	18,09	4,84	9,11
60640000	01/12/2003	34,53	6,01	15,91
60640000	01/06/2004	23,92	17,42	20,26
60640000	01/10/2004	28,86	5,65	12,96
60640000	01/12/2004	32,7	10,09	19,44
60640000	01/06/2005	13,73	8,53	10,42
60640000	01/10/2005	10,38	3,29	5,45
60640000	01/12/2005	101,32	17,86	40,55
60640000	01/06/2006	19,68	14,36	16,44
60640000	01/10/2006	38,81	9,55	19,76
60640000	01/12/2006	48,28	15,65	24,91
60640000	01/06/2007	11,89	6,77	8,54
60640000	01/10/2007	7,18	2,25	3,55
60640000	01/12/2007	21,07	4,69	11,15
60640000	01/06/2008	15,87	8,53	11,41
60640000	01/10/2008	15,22	3,75	7,18
60640000	01/12/2008	68,6	8,29	29,24
60640000	01/06/2009	16,75	7,61	10,58
60640000	01/10/2009	35,59	6,38	16,23
60640000	01/12/2009	76,81	22,01	43,68
60640000	01/06/2010	10,66	5,32	7,22
60640000	01/10/2010	22,01	3,4	8,89
60640000	01/12/2010	87,21	14,36	37,51
60640000	01/06/2011	22,96	14,36	17,06
60640000	01/10/2011	32,44	3,18	17,42
60640000	01/12/2011	42,65	15,65	28,16
60640000	01/06/2012	31,41	13,94	18,41
60640000	01/10/2012	9,82	5,32	7
60640000	01/12/2012	35,59	5,65	14,27
60640000	01/06/2013	25,38	11,57	16,22
60640000	01/06/2014	14,79	10,95	12,73
60640000	01/10/2014	13,50	2,54	7,97
60640000	01/12/2014	66,63	16,31	40,43
60640000	01/06/2015	12,69	7,68	10,54
60640000	01/10/2015	7,26	1,73	3,56
60640000	01/12/2015	16,45	4,15	9,25
60640000	01/06/2016	5,96	3,32	4,69
60640000	01/10/2016	11,09	0,78	4,23
60640000	01/12/2016	27,4	5,8	11,37

Fonte: ANA (Agência Nacional das Águas) (Adaptado), 2018

APÊNDICE B – Primeira coleta (21 de Junho de 2017)

DATA DA COLETA 21/06/2017							
PONTO	OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	pH	TEMPERATURA (C°)	PROFUNDIDADE (m)	DQO (mg/L)	
PONTO A	A1	10,75	150	6,86	21,3	0,4	30
	A2	9,24	150	7,25	21,29	0,4	30
	A3	9,16	151	7,45	21,29	0,4	30
	A4	5,14	550	7,04	23,98	0,2	510
CONJUNTO 1	MÉDIA	8,57	250,25	7,15	21,97	-	150,00
	DESVIO PADRÃO	2,40	199,83	0,26	1,34	-	240,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	28,02	79,85	3,58	6,12	-	160,00
PONTO B	B1	8,68	150	7,25	21,8	0,2	31,8
	B2	7,8	463	7,15	23,91	0,2	241
	B3	5,3	422	7,04	23,12	0,2	375
	B4	4,88	524	7,01	23,09	0,2	408
CONJUNTO 1	MÉDIA	6,67	389,75	7,11	22,98	-	263,95
	DESVIO PADRÃO	1,86	165,24	0,11	0,87	-	170,79
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	27,93	42,40	1,54	3,80	-	64,70
PONTO C	C1	6,9	333	7,03	22,6	0,2	106
	C2	7,64	410	7,11	23,36	0,2	365
	C3	4,91	533	7,03	23,93	0,2	293
	C4	4,71	509	7,04	23,79	0,2	291
CONJUNTO 1	MÉDIA	6,04	446,25	7,05	23,42	-	263,75
	DESVIO PADRÃO	1,45	92,38	0,04	0,60	-	110,66
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	24,08	20,70	0,55	2,55	-	41,96
PONTO D	D1	6,65	351	7,01	22,78	0,2	248
	D2	6,22	375	7,19	23,01	0,2	213
	D3	4,47	501	7,08	23	0,2	311
	D4	4,17	505	7,08	23,87	0,2	253
CONJUNTO 1	MÉDIA	5,38	433,00	7,09	23,17	-	256,25
	DESVIO PADRÃO	1,24	81,44	0,07	0,48	-	40,61
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	23,05	18,81	1,05	2,08	-	15,85
MONTANTE	9,37	148	6,7	21,28	0,1	121	
JUSANTE	4,49	366	7,13	23,43	1	330	
ANICUNS	5,79	183	7,23	20,58	0,2	30	
CONJUNTO 2 (PONTOS N°1)	MÉDIA	8,25	246,00	7,04	22,12	-	103,95
	DESVIO PADRÃO	1,90	111,09	0,16	0,69	-	102,35
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	23,0	45,2	2,3	3,1	-	98,5
CONJUNTO 2 (PONTOS N°2)	MÉDIA	7,73	349,50	7,18	22,89	-	212,25
	DESVIO PADRÃO	1,23	137,83	0,06	1,13	-	138,29
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	16,0	39,4	0,8	4,9	-	65,2
CONJUNTO 2 (PONTOS N°3)	MÉDIA	5,96	401,75	7,15	22,84	-	252,25
	DESVIO PADRÃO	2,16	173,55	0,20	1,11	-	152,29
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	36,2	43,2	2,8	4,9	-	60,4
CONJUNTO 2 (PONTOS N°4)	MÉDIA	4,73	522,00	7,04	23,68	-	365,50
	DESVIO PADRÃO	0,41	20,38	0,03	0,40	-	116,75
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	8,7	3,9	0,4	1,7	-	31,9
	>5,0*	NR		6,0 a 9,0**	40 ***	-	NR

NR – Não Regulamentado *Valor Mínimo Permitido **Intervalo de Valores Permitidos ***Valor Máximo Permitido

Legislação Estadual – Lei nº 8.544 de 17/10/78 (SEMA/84) e Resolução CONAMA 357/2005 art.34 que estabelece os padrões de lançamento de qualquer natureza em águas interiores, superficiais ou subterrâneas.

Fonte: Próprio autor

APÊNDICE C – Segunda coleta (06 de Outubro de 2017)

DATA DA COLETA 06/10/2017							
PONTO	OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	pH	TEMPERATURA (C°)	PROFUNDIDADE (m)	DQO (mg/L)	
PONTO A	A1	2,22	185	6,63	24,11	0,2	30
	A2	3,82	183	6,76	24,11	0,2	38,4
	A3	4,3	183	6,9	25,7	0,2	42
	A4	2,22	548	9,95	26,4	0,2	321
CONJUNTO 1	MÉDIA	3,14	274,75	7,56	25,08	-	107,85
	DESVIO PADRÃO	1,08	182,17	1,60	1,16	-	142,19
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	34,40	66,30	21,13	4,61	-	131,84
PONTO B	B1	4,19	188	7,5	24,38	0,2	47,6
	B2	2,4	401	6,8	25,4	0,2	327
	B3	2,27	401	7,3	25,01	0,2	256
	B4	1,84	498	7,9	26,9	0,2	318
CONJUNTO 1	MÉDIA	2,68	372,00	7,38	25,42	-	237,15
	DESVIO PADRÃO	1,04	130,91	0,46	1,07	-	130,25
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	38,80	35,19	6,20	4,21	-	54,92
PONTO C	C1	3,05	232	7,26	24,79	0,2	85
	C2	3,12	263	7,2	25,41	0,2	44
	C3	1,93	462	7,14	26,06	0,2	283
	C4	1,76	476	6,95	26,01	0,2	302
CONJUNTO 1	MÉDIA	2,47	358,25	7,14	25,57	-	178,50
	DESVIO PADRÃO	0,72	128,63	0,13	0,60	-	132,92
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	29,20	35,91	1,88	2,33	-	74,47
PONTO D	D1	2,85	283	7,29	25,17	0,2	50
	D2	2,72	314	7,22	25,35	0,2	69
	D3	1,11	456	7,12	25,95	0,2	230
	D4	0,71	469	7,1	26,05	0,2	281
CONJUNTO 1	MÉDIA	1,85	380,50	7,18	25,63	-	157,50
	DESVIO PADRÃO	1,10	95,67	0,09	0,44	-	115,32
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	59,33	25,14	1,24	1,70	-	73,22
MONTANTE		3,71	185	6,7	23,81	0,3	102
JUSANTE		0,38	321	7,12	25,65	0,8	149
ANICUNS		2,36	216	7,43	25,19	0,2	30
CONJUNTO 2 (PONTOS N°1)	MÉDIA	3,08	222,00	7,17	24,61	-	53,15
	DESVIO PADRÃO	0,82	45,99	0,38	0,47	-	23,03
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	26,7	20,7	5,2	1,9	-	43,3
CONJUNTO 2 (PONTOS N°2)	MÉDIA	3,02	290,25	7,00	25,07	-	119,60
	DESVIO PADRÃO	0,61	91,42	0,25	0,64	-	138,91
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	20,3	31,5	3,6	2,5	-	116,1
CONJUNTO 2 (PONTOS N°3)	MÉDIA	2,40	375,50	7,12	25,68	-	202,75
	DESVIO PADRÃO	1,36	131,24	0,16	0,47	-	109,33
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	56,4	34,9	2,3	1,8	-	53,9
CONJUNTO 2 (PONTOS N°4)	MÉDIA	1,63	497,75	7,98	26,34	-	305,50
	DESVIO PADRÃO	0,65	35,71	1,38	0,41	-	18,34
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	39,6	7,2	17,3	1,6	-	6,0
		>5,0*	NR	6,0 a 9,0**	40 ***	-	NR

NR – Não Regulamentado *Valor Mínimo Permitido **Intervalo de Valores Permitidos ***Valor Máximo Permitido

Legislação Estadual – Lei nº 8.544 de 17/10/78 (SEMA/84) e Resolução CONAMA 357/2005 art.34 que estabelece os padrões de lançamento de qualquer natureza em águas interiores, superficiais ou subterrâneas.

Fonte: Próprio autor

APÊNDICE D – Terceira coleta (20 de Dezembro de 2017)

DATA DA COLETA 20/12/2017							
PONTO		OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	pH	TEMPERATURA (C°)	PROFUNDIDADE (m)	DQO (mg/L)
PONTO A	A1	6,65	137	6,75	24,71	0,2	30
	A2	6,57	137	6,81	24,69	0,2	12
	A3	6,52	138	6,92	24,70	0,2	30
	A4	1,8	837	6,91	26,54	0,4	30
CONJUNTO 1	MÉDIA	5,39	312,25	6,85	25,16	-	25,50
	DESVIO PADRÃO	2,39	349,83	0,08	0,92	-	9,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	44,39	112,04	1,19	3,66	-	35,29
PONTO B	B1	6,44	157	6,87	24,76	0,2	30
	B2	6,53	148	6,94	24,75	0,2	30
	B3	6,57	150	6,97	24,78	0,2	45
	B4	5,23	283	6,99	25,12	0,2	30
CONJUNTO 1	MÉDIA	6,19	184,50	6,94	24,85	-	33,75
	DESVIO PADRÃO	0,64	65,78	0,05	0,18	-	7,50
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	10,40	35,65	0,76	0,72	-	22,22
PONTO C	C1	6,75	154	7,11	24,80	0,2	30
	C2	6,72	160	7,07	24,87	0,2	38
	C3	6,19	215	7,03	25,01	0,2	30
	C4	6,39	243	7,05	25,03	0,2	30
CONJUNTO 1	MÉDIA	6,51	193,00	7,07	24,93	-	32,00
	DESVIO PADRÃO	0,27	43,18	0,03	0,11	-	4,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	4,14	22,37	0,48	0,44	-	12,50
PONTO D	D1	6,91	156	7,14	24,84	0,2	30
	D2	6,87	171	7,10	24,87	0,2	30
	D3	6,5	201	7,08	24,95	0,2	30
	D4	6,81	227	7,08	25,09	0,2	30
CONJUNTO 1	MÉDIA	6,77	188,75	7,10	24,94	-	30,00
	DESVIO PADRÃO	0,19	31,63	0,03	0,11	-	0,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	2,75	16,76	0,40	0,45	-	0,00
MONTANTE		6,67	136	6,64	24,68	0,2	30
JUSANTE		5,25	177	6,81	24,91	0,4	30
ANICUNS		5,17	203	6,49	24,29	0,2	30
CONJUNTO 2 (PONTOS N°1)	MÉDIA	6,69	151,00	6,97	24,78	-	30
	DESVIO PADRÃO	0,20	9,42	0,19	0,06	-	0,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	2,9	6,2	2,7	0,2	-	0,0
CONJUNTO 2 (PONTOS N°2)	MÉDIA	6,67	154,00	6,98	24,80	-	27,50
	DESVIO PADRÃO	0,16	14,72	0,13	0,09	-	11,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	2,3	9,6	1,9	0,4	-	40,0
CONJUNTO 2 (PONTOS N°3)	MÉDIA	6,45	176,00	7,00	24,86	-	33,75
	DESVIO PADRÃO	0,17	37,71	0,07	0,14	-	7,50
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	2,7	21,4	1,0	0,6	-	22,2
CONJUNTO 2 (PONTOS N°4)	MÉDIA	5,06	397,50	7,01	25,45	-	30,00
	DESVIO PADRÃO	2,27	293,95	0,07	0,73	-	0,00
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	44,9	73,9	1,1	2,9	-	0,0
		>5,0*	NR	6,0 a 9,0**	40 ***	-	NR

NR – Não Regulamentado *Valor Mínimo Permitido **Intervalo de Valores Permitidos ***Valor Máximo Permitido

Legislação Estadual – Lei nº 8.544 de 17/10/78 (SEMA/84) e Resolução CONAMA 357/2005 art.34 que estabelece os padrões de lançamento de qualquer natureza em águas interiores, superficiais ou subterrâneos.

Fonte: Próprio autor

APÊNDICE E – Valores utilizados para a equação da mistura

1º COLETA 21/06/2017					
PONTO	Q (L/s)	OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	DQO (mg/L)	pH
MONTANTE (rio)	12.170	9,37	148	121	6,7
Efluente	1.528	0,41	834	591	7,05
Anicuns	3.780	4,49	366	30	7,23
Anicuns*	3.780	9,37	148	121	6,7
2º COLETA 06/10/2017					
PONTO	Q (L/s)	OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	DQO (mg/L)	pH
MONTANTE (rio)	9.580	3,71	185	102	6,7
Efluente	1.410	2,99	998	602	7,1
Anicuns	1.534	2,36	216	30	7,43
Anicuns*	1.534	5	185	102	6,7
3º COLETA 20/12/2017					
PONTO	Q (L/s)	OD (mg/L O ₂)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	DQO (mg/L)	pH
MONTANTE (rio)	25.000	6,67	136	30	6,64
Efluente	1.620	1	998	454	7,2
Anicuns	13.956	5,17	203	30	6,49
Anicuns*	13.956	6,67	136	30	6,64
*Considerando o acréscimo de vazão do rio Anicuns em qualidade igual ou superior ao valor a montante do emissário final (em conformidade com a legislação vigente)					

Fonte: Próprio autor

8. ANEXOS

ANEXO A – Distribuição t-student

Tabela de Distribuição t de Student								
GL	75%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	I.C. Bilateral Unilateral
	15%	10%	5%	2,5%	2%	1%	0,5%	
	30%	20%	10%	5%	4%	2%	1%	
1	1,9626	3,0777	6,3137	12,7062	15,8945	31,8210	63,6559	
2	1,3862	1,8856	2,9200	4,3027	4,8487	6,9645	9,9250	
3	1,2498	1,6377	2,3534	3,1824	3,4819	4,5407	5,8408	
4	1,1896	1,5332	2,1318	2,7765	2,9985	3,7469	4,6041	
5	1,1558	1,4759	2,0150	2,5706	2,7565	3,3649	4,0321	
6	1,1342	1,4398	1,9432	2,4469	2,6122	3,1427	3,7074	
7	1,1192	1,4149	1,8946	2,3646	2,5168	2,9979	3,4995	
8	1,1081	1,3968	1,8595	2,3060	2,4490	2,8965	3,3554	
9	1,0997	1,3830	1,8331	2,2622	2,3984	2,8214	3,2498	
10	1,0931	1,3722	1,8125	2,2281	2,3593	2,7638	3,1693	
11	1,0877	1,3634	1,7959	2,2010	2,3281	2,7181	3,1058	
12	1,0832	1,3562	1,7823	2,1788	2,3027	2,6810	3,0545	
13	1,0795	1,3502	1,7709	2,1604	2,2816	2,6503	3,0123	
14	1,0763	1,3450	1,7613	2,1448	2,2638	2,6245	2,9768	
15	1,0735	1,3406	1,7531	2,1315	2,2485	2,6025	2,9467	
16	1,0711	1,3368	1,7459	2,1199	2,2354	2,5835	2,9208	
17	1,0690	1,3334	1,7396	2,1098	2,2238	2,5669	2,8982	
18	1,0672	1,3304	1,7341	2,1009	2,2137	2,5524	2,8784	
19	1,0655	1,3277	1,7291	2,0930	2,2047	2,5395	2,8609	
20	1,0640	1,3253	1,7247	2,0860	2,1967	2,5280	2,8453	
21	1,0627	1,3232	1,7207	2,0796	2,1894	2,5176	2,8314	
22	1,0614	1,3212	1,7171	2,0739	2,1829	2,5083	2,8188	
23	1,0603	1,3195	1,7139	2,0687	2,1770	2,4999	2,8073	
24	1,0593	1,3178	1,7109	2,0639	2,1715	2,4922	2,7970	
25	1,0584	1,3163	1,7081	2,0595	2,1666	2,4851	2,7874	
26	1,0575	1,3150	1,7056	2,0555	2,1620	2,4786	2,7787	
27	1,0567	1,3137	1,7033	2,0518	2,1578	2,4727	2,7707	
28	1,0560	1,3125	1,7011	2,0484	2,1539	2,4671	2,7633	
29	1,0553	1,3114	1,6991	2,0452	2,1503	2,4620	2,7564	
30	1,0547	1,3104	1,6973	2,0423	2,1470	2,4573	2,7500	

Fonte: Jung (2010)