



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM  
ENGENHARIA QUÍMICA



# **Caracterização do efluente hospitalar produzido em dois hospitais da cidade de Porto Alegre/RS**

*Autor: Cristina Pigozzo*

*Orientador: Liliana Amaral Feris*

Porto Alegre, julho de 18

Sumário	
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	viii
Lista de Símbolos	ix
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
1 Introdução	1
2 Objetivo	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivo Específico	3
3 Revisão Bibliográfica	4
3.1 Problemática dos efluentes hospitalares no Brasil	4
3.2 Efluentes hospitalares	5
3.3 Legislação ambiental	8
3.4 Legislação aplicada à estabelecimentos hospitalares	9
3.5 Esgoto sanitário	9
3.5.1 Caracterização dos esgotos sanitários	10
3.6 Considerações	14
4 Materiais e Métodos	16
4.1 Descritivo do local de estudo	16
4.2 Amostragem de vazão	17
4.3 Caracterização das amostras coletadas	20
5 Resultados e Discussão	24
5.1 Estudo da vazão de lançamento de efluente	24
5.1.1 Consumo de água nas unidades hospitalares	26
5.2 Análise comparativa das características do efluente hospitalar em relação ao esgoto sanitário típico	26

6 Conclusões	37
Referências	38
Apêndices	41
APÊNDICE A – Demarcação dos locais de coleta de efluente Hospital A e B.	41
APÊNDICE B – Pontos de coleta de efluentes.	42
APÊNDICE C – Curvas características de vazão para cada ponto de lançamento de efluente.	47
APÊNDICE D – Resultados obtidos na caracterização dos pontos de coleta de efluente.	

## **Agradecimentos**

- À orientadora deste trabalho de conclusão, professora Liliana Amaral Feris, pelo apoio constante dado durante estes últimos meses.
- Meu supervisor de estágio José Volnei Lapis Lopes por sempre instigar meu crescimento durante minha estadia no Grupo Hospitalar Conceição.
- Aos colegas da gestão ambiental: Michele Metz e Gabriel Mesquita Correa, por sempre me apoiarem em todas fases do estágio e do trabalho de conclusão, sempre dispostos a ajudar e ouvir.
- Meu namorado, Douglas Takeshi Kuamoto, pelo apoio e incentivo.
- À minha família e amigos por sempre estarem presentes e dispostos a me ajudar em todos os momentos de dificuldade.

E aqueles que não foram mencionados, não pensem que foram menos importantes, é devido a todos vocês que cheguei até aqui, não tenho palavras suficientes para expressar meu agradecimento, e por isso, só posso dizer obrigada!

## Resumo

A água é um recurso natural fundamental para a vida e seu desenvolvimento, sendo utilizada em vários setores, como agricultura, atividades domésticas, na saúde e na indústria. Com o crescimento populacional, a degradação do meio ambiente tem se intensificado, com o acúmulo de resíduos tóxicos e não biodegradáveis. O lançamento de efluentes industriais e esgoto sanitário sem tratamento, causa uma série de desequilíbrios para o ecossistema aquático, como a eutrofização, que gera alterações na qualidade ambiental e da água. A situação dos efluentes hospitalares no Brasil agrava esse problema, visto que a maioria das instituições de saúde não trata seus resíduos líquidos aquosos, descartando os efluentes na rede coletora de esgotos, ou até mesmo em rios e lagos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em caracterizar o efluente hospitalar de dois hospitais (A e B) de diferentes especialidades da cidade de Porto Alegre/RS, verificando o quanto a composição destes despejos se aproxima da composição dos esgotos tratados nas Estações de Tratamento Municipal. Determinou-se primeiramente os pontos de coleta de efluente nas instituições em estudo, avaliando a contribuição de cada ponto em m<sup>3</sup>/mês na composição do efluente final. Foram analisados parâmetros como: temperatura, pH, sólidos, matéria orgânica (DBO e DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo e metais. Com o objetivo de avaliar as características do efluente hospitalar, os mesmos foram comparados com dados da literatura para o esgoto sanitário típico e com a Resolução CONSEMA nº 355/2017. Os parâmetros Temperatura, pH, Ferro total, Alumínio, Níquel, Cromo Total, Mercúrio, Chumbo, Estanho, Selênio e Zinco, apresentaram conformidade com a Resolução CONSEMA nº 355/2017, para o despejo de efluentes em águas superficiais. O Cobre apresentou valor excedente ao exigido pela legislação aplicada, com um valor 6% acima do permitido. Os valores de DBO e DQO apresentados foram de 308,4 e 493,5 mg/L, e 663,2 e 1018,2 mg/L para os hospitais A e B, respectivamente, visto que somente dois pontos dos oito analisados apresentaram valores acima do encontrado no esgoto sanitário. Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Óleos e Graxas, DBO e DQO tiveram seus parâmetros diminuídos devido à ausência do serviço interno de lavanderia e a segregação dos resíduos nos Hospitais A e B, resultando em média, em valores próximos ao obtido no esgoto sanitário típico comparativamente à um efluente hospitalar com contribuição de serviço de lavanderia.

## Lista de Figuras

Figura 1. Percurso do Efluente Hospitalar.....	7
Figura 2.Capacidade de Depuração de uma ETE. ....	7
Figura 3. Gráfico demonstrativo da variação de vazão no Ponto 5.....	24
Figura 4. Curva Característica de vazão do Ponto 4.....	25
Figura 5. Caracterização do Efluente Hospitalar – Temperatura. ....	30
Figura 6. Caracterização do Efluente Hospitalar – Sólidos Sedimentáveis. ....	31
Figura 7. Caracterização do efluente hospitalar – Sólidos Suspensos.....	31
Figura 8. Caracterização do efluente hospitalar – DBO.....	32
Figura 9. Caracterização do efluente hospitalar – DQO.....	32
Figura 10. Caracterização do efluente hospitalar – Nitrogênio Amoniacal. ....	33
Figura 11. Caracterização do efluente hospitalar – Fósforo.....	33
Figura 12. Caracterização do efluente hospitalar – Óleos e Graxas Mineral. ....	34
Figura 13. Caracterização do efluente hospitalar – pH. ....	35
Figura 14. Caracterização do efluente hospitalar – Cobre.....	36
Figura A15. Planta superior dos hospitais em estudo com a demarcação dos pontos de coleta.....	41
Figura A16. Ponto de coleta 1. ....	42
Figura A17. Ponto de coleta 2. ....	42
Figura A18. Ponto de coleta 3A. ....	43
Figura A19. Ponto de coleta 3B.....	43
Figura A20. Ponto de coleta 4. ....	44
Figura A21. Ponto de coleta 5. ....	44
Figura A22. Ponto de coleta 6A e 6B.....	45
Figura A23.Ponto de coleta 8. ....	45
Figura A24. Ponto de coleta 9. ....	46
Figura A25. Curva característica de vazão no ponto 1.....	47
Figura A26. Curva característica de vazão no ponto 2.....	47

Figura A27. Curva Característica de vazão no ponto 3A.....	48
Figura A28. Curva característica de vazão no ponto 3B. ....	48
Figura A29. Curva característica de vazão no ponto 6A.....	49
Figura A30. Curva característica de vazão no ponto 6B. ....	50
Figura A31. Curva característica de vazão no ponto 8.....	50
Figura A32. Curva característica de vazão no ponto 9.....	51

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Revisão bibliográfica dos parâmetros típicos encontrados no esgoto sanitário. .	15
Tabela 2. Dados característicos do Hospital A.....	16
Tabela 3. Dados característicos do Hospital B.....	17
Tabela 4. Descrição dos pontos de coleta de efluente – Hosp. A e B. ....	18
Tabela 5. Origem do efluente por ponto de coleta .....	18
Tabela 6. Método de Amostragem de Vazão para cada ponto de lançamento de efluente.	20
Tabela 7. Parâmetros para Caracterização de Efluentes.....	21
Tabela 8. Parâmetros resumidos obtidos para o esgoto sanitário típico.....	22
Tabela 9. Parâmetros para o lançamento de efluentes em águas superficiais no Rio Grande do Sul.....	22
Tabela 10. Padrões de emissão em função da vazão. ....	23
Tabela 11. Vazão de efluente por ponto de lançamento – Hospital A e B.....	25
Tabela 12. Dados de consumo de água para o Hospital A (Valores aproximados). ....	26
Tabela 13. Dados de Consumo de água para o Hospital B. (Valores aproximados).....	26
Tabela 14. Média dos pontos analisados a partir das amostras coletadas nos hospitais e parâmetros para comparação. ....	28
Tabela A16. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 1. ....	52
Tabela A17. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 2. ....	53
Tabela A18. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 3A. ....	54
Tabela A19. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 3B.....	55
Tabela A20. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 6A. ....	56
Tabela A21. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 6B.....	57
Tabela A22. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 8. ....	58
Tabela A23. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 9. ....	59

## Lista de Símbolos

Ag	Prata
Al	Alumínio
As	Arsênico
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Hg	Mercúrio
L	Litro
L/s	Litro por segundo
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> /mês	Metro cúbico por mês
m <sup>3</sup> /dia	Metro cúbico por dia
mg	Miligrama
mg/L	Miligrama por litro
mg/m <sup>3</sup>	Miligrama por metro cúbico
mL/L	Mililitro por litro
NH <sub>3</sub>	Nitrogênio Amoniacal
Ni	Níquel
°C	Graus celsius

P	Fósforo
Pb	Chumbo
Q	Vazão
s	Segundo
Se	Selênio
Sn	Estanho
Zn	Zinco

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EH	Esgoto Hospitalar
EPA	Environmental Protection Agency ou Agência de Proteção Ambiental
ES	Esgoto Sanitário
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SST	Sólidos Suspensos Totais
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo
ND	Não Detectado
PVC	Policloreto de Vinila



## 1 Introdução

A água é um recurso natural fundamental para a vida e seu desenvolvimento. É utilizada em diversos setores, como a indústria (19%), as necessidades domésticas (10%), e a agricultura, que mundialmente representa cerca de 70% do total de água doce consumida (UNESCO, 2016).

Com o crescimento populacional, a degradação do meio ambiente tem se intensificado, aumentando o acúmulo de resíduos tóxicos e não biodegradáveis. O lançamento de efluentes industriais e esgoto sanitário sem tratamento, causa uma série de desequilíbrios para o ecossistema aquático; tal como a eutrofização dos corpos d'água, que devido ao aumento de matéria orgânica no meio, impede a sobrevivência de organismos como peixes e mamíferos, além de comprometer a qualidade da água no local.

Os seus efeitos já são notados em todas as partes do mundo, através da alteração das características das águas. Algumas das doenças relacionadas a falta de tratamento dos esgotos são: cólera, dengue, febre amarela, leptospirose entre outras, sendo responsáveis por 13.449 óbitos ao longo do período de 2001 a 2009 (AMARAL et al., 2016).

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (2017), no Brasil, 43% da população é atendida por sistema coletivo de coleta e tratamento de esgotos, 12% realiza solução individual (fossa séptica), 18% da população coleta seus esgotos, mas não tratam e 27% é desprovida de qualquer atendimento, ou seja, sem sistema de coleta ou tratamento. O Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (2014) considera como um sistema adequado de esgotamento sanitário a solução individual com fossa séptica ou os esgotos coletados e tratados de forma coletiva. Nesse conceito, 55% da população brasileira possui atendimento adequado.

Uma das regiões mais críticas é a região Norte, onde somente 21,2% dos domicílios possui sistema de coleta de esgotos, seguido por 42,9% da região Nordeste, 53,21% da região Centro – Oeste, 65,1% da região Sul e 88,6% da região Sudeste (ABES, 2016).

Os hospitais são instituições com grande consumo de água, produzindo resíduos sólidos líquidos e gasosos (EMMANUEL, 2003); Kümmerer (2001) aponta estes efluentes como fonte de várias substâncias tais como fármacos, desinfetantes, corantes, metais e drogas não metabolizadas pelos pacientes. A situação dos efluentes hospitalares no Brasil agrava esse

problema, visto que a maioria das instituições de saúde, não tratam seus efluentes, realizando o despejo na rede coletora de esgotos, ou até mesmo em rios e lagos.

## **2 Objetivo**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar comparativamente o efluente hospitalar de dois hospitais com especialidades diferentes, com o esgoto sanitário típico visando examinar a possibilidade do tratamento dos mesmos pela ETE municipal.

### **2.2 Objetivo Específico**

- Realizar o diagnóstico das duas instituições a fim de identificar os pontos de lançamento, para coleta de amostra de efluente.
- Determinar a vazão média de lançamento de efluente em cada ponto de coleta.
- Caracterizar o efluente nos pontos de coleta considerando temperatura, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos, DBO, DQO, Nitrogênio Amônia, Fósforo, Óleos e Graxas, Cianeto, Arsênio, Selênio e metais.

### **3 Revisão Bibliográfica**

O presente capítulo aborda conceitos fundamentais para o entendimento deste trabalho, tais como: a situação do efluente hospitalar no Brasil, a sua origem e destino, a legislação aplicada, as características do esgoto sanitário e seus parâmetros de caracterização, e por final algumas considerações realizadas pela autora.

#### **3.1 Problemática dos efluentes hospitalares no Brasil**

Os efluentes hospitalares são apontados como fonte de várias substâncias tais como fármacos, desinfetantes, corantes, metais e drogas não metabolizadas pelos pacientes (KÜMMERER, 2001). Essa classe de efluentes, porém, não é citada na classificação dos esgotos, separados em de origem doméstica ou industrial.

No que se refere ao tratamento de efluentes da área de saúde, a gestão de resíduos hospitalares enfatiza a gestão dos resíduos sólidos produzidos nas instituições, não atingindo outros pontos fundamentais, como a influência do efluente hospitalar no meio ambiente (SILVA; MACÊDO; LADCHUMANANANDASIVAM, 2011). Tal comportamento também pode ser observado nas próprias instituições, como constatado por Fernandes et al (2005), em seu estudo dos efluentes de radiodiagnóstico, há investimento no aprimoramento dos profissionais, processos e equipamentos, porém pouco se pronunciam quanto ao impacto ambiental causado por seus efluentes.

O Brasil conta com 312.622 estabelecimentos de saúde. Deste número 6.805 são hospitais, divididos em municipais (21%), estaduais (8%), federais (1%) e privados (70%), totalizando 492.505 leitos hospitalares no país (SAÚDE, 2018). A maior parte destas instituições não possui um sistema adequado para o tratamento de seus efluentes, realizando o lançamento dos mesmos na rede coletora de esgotos do município ou mesmo em corpo hídrico, como rios e lagos, como demonstrado pelos trabalhos descritos a seguir:

VECCHIA et al. (2010) verificou através de um formulário, enviado à hospitais de todas regiões do Brasil, a condição atual do tratamento de efluentes nestas instituições, todas com número de leitos superior a 200. Obteve resposta de 6,3% das instituições consultadas, e destas somente 37,5% possuíam algum tipo de tratamento de efluente.

No Rio Grande do Norte (RN), SILVA; MACÊDO; LADCHUMANANANDASIVAM (2011) analisaram uma unidade de saúde de 46 leitos, onde observaram que o efluente proveniente da instituição não recebe qualquer tipo de tratamento, sendo descartado no meio ambiente de forma inadequada.

Fuentefria et al. (2008) compararam amostras de efluente proveniente do Hospital São Vicente de Paulo localizado em Passo Fundo/RS com amostras de água do Rio Passo Fundo, analisando os efeitos de suscetibilidade em microrganismos. O autor ressalta o resultado obtido, onde a amostra apresentou susceptibilidade reduzida a um antibiótico de uso restrito em ambiente hospitalar, deste modo não podendo descartar a ocorrência de contaminação das águas.

O Rio Paraguai sofre com a poluição causada pelos efluentes hospitalares, principalmente provenientes da cidade de Cáceres/MG, os quais são lançados neste curso hídrico, como observado por Augustinho; Ferreira (2004); estes questionam a eficácia do tratamento de efluentes dos hospitais da região, onde é constituído basicamente de fossa séptica e colmeia (adição de cloro).

Na cidade de Porto Alegre/RS, o Lago Guaíba igualmente apresenta índices de poluição. Observa-se que o mesmo é o principal corpo receptor de diversos tipos de despejos, inclusive provenientes de órgãos de saúde, conforme a Associação dos Hospitais do Rio Grande do Sul (ROSA et al., 2002).

Objetivando evitar o lançamento indevido dos poluentes no meio, ações de gestão de efluentes se fazem necessárias. Torna-se indispensável a compreensão dos riscos associados ao despejo. Assim, a caracterização dos efluentes produzidos em cada instituição consiste em ponto fundamental para a tomada de providências necessárias para o descarte adequado dos mesmos (ROSA et al., 2002).

### **3.2 Efluentes hospitalares**

A composição dos efluentes hospitalares variam de acordo com sua especialidade, isto é, com os serviços prestados na instituição de saúde, tais como: tratamento de doenças tropicais (malária, cólera, tuberculose), psiquiatria, pediatria, obstetrícia, ginecologia, entre outros. Além disso, todos os hospitais dispõem de instalações básicas para o atendimento das necessidades de seus pacientes e colaboradores, como: salas de consulta, cafeterias, sanitários, vestiários, lavatórios, salas de repouso, laboratórios, unidades de aquecimento e ventilação, ar condicionado, etc. Operando normalmente 24 horas por dia, esses serviços e instalações consomem uma grande quantidade de água potável, gerando resíduos sólidos, líquidos e gasosos (EMMANUEL, 2003).

Considerando que aproximadamente oitenta por cento da água consumida retorna ao sistema na forma de esgotos (JORDÃO; PÊSSOA, 2011), diversas substâncias chegam à tubulação receptora de efluentes, como antibióticos, agentes citostáticos, metais pesados, desinfetantes, entre outros (KÜMMERER, 2001). Segundo Emmanuel (2003) pode-se separar o efluente hospitalar em três categorias:

1. Esgoto sanitário: proveniente da cozinha (lavagem utensílios e higiene pessoal);
2. Efluente Industrial: proveniente do setor de manutenção, contendo óleos e detergentes;
3. Efluente proveniente da assistência ao paciente, pesquisa, e outras atividades específicas do ambiente hospitalar. Estes despejos podem conter: resíduos químicos, radioativos, fluidos corporais, excreções, e resíduos de fármacos não absorvidos pelos usuários, sendo classificados como:
  - a) efluentes de serviços clínicos: eliminação de glutaraldeído, banhos de diálise, descargas de balneoterapia, ...;
  - b) efluentes médico-técnicos: fluidos originados no bloco cirúrgico com alta concentração de matéria orgânica ou fluidos corporais, tais como: sangue, urina, fezes, líquido gástrico, aspiração traqueobrônquica, fluido de efusão peritoneal ou pleural, drenagem ou irrigação;
  - c) rejeitos resultantes da manutenção de equipamentos e instalações médicas contendo detergentes e desinfetantes;
  - d) descargas provenientes do laboratório clínico: sangue, escarro, urina, ácidos, bases, vários reagentes, solventes, etc.
  - e) despejos do setor de patologia:
    - I. tolueno, xileno, etc.
    - II. desinfetantes: água sanitária, álcool etílico, solventes, etc.;
    - III. ácidos (acético, láctico, etc.);
    - IV. bases (soda);
    - V. corantes;
  - f) efluentes da medicina nuclear;
  - g) efluentes do setor de radiologia;
  - h) efluentes provenientes da farmácia.

O destino destes efluentes é, na maioria das vezes, a rede coletora do município, e posteriormente a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), como mostrado na Figura 1. As ETE's são projetadas para atingir, de forma eficaz, a carga exigida pela legislação para o

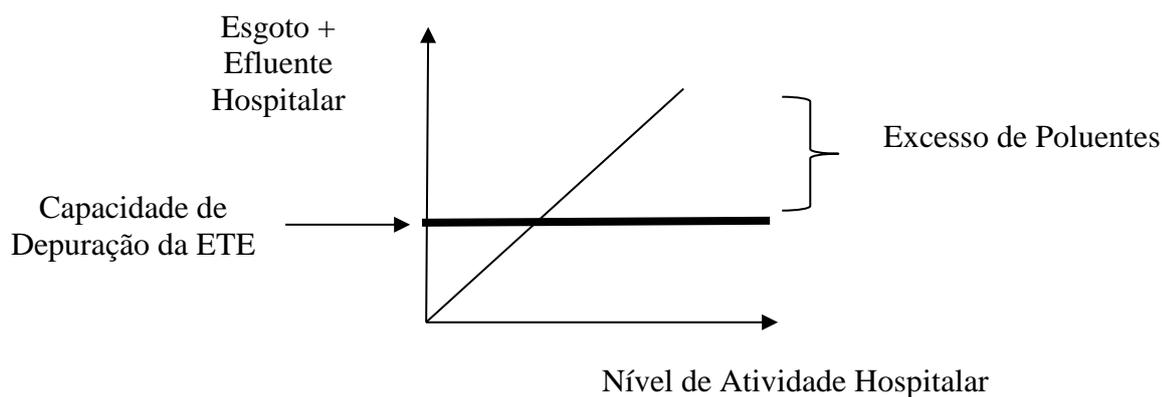
despejo em corpo hídrico, em relação a matéria orgânica e sólidos, desde que não ultrapassada sua capacidade de depuração (vide Figura 2), porém algumas substâncias estão além do controle da ETE, e espalham-se no meio ambiente (EMMANUEL, 2003).

Figura 1. Percurso do Efluente Hospitalar.



Fonte: Adaptado de (EMMANUEL et al., 2005).

Figura 2. Capacidade de Depuração de uma ETE.



Fonte: (HOAG, 2008).

Com o aumento da carga poluidora nos corpos hídricos e a falta de saneamento básico, os impactos deste tipo de efluente no meio ambiente tem sido questionada, levando os pesquisadores a avaliar suas características e os efeitos que a falta de tratamento poderia gerar nos ecossistemas aquáticos.

Segundo Emmanuel (2003), o efluente hospitalar pode apresentar os seguintes tipos de risco para o ser humano e ao meio ambiente:

- risco microbiológico ou infeccioso: associado à existência de microrganismos patógenos multirresistentes;
- risco radioativo: resultante da presença de liberações contendo radioisótopos;
- risco químico: devido à resíduos de medicamentos e outras substâncias químicas (desinfetantes e derivados).

Estes riscos são tratados de forma individual na literatura, tal como o efeito de medicamentos no meio aquático, avaliações de risco devido aos agentes de contraste: iodo e desinfetantes, particularmente o glutaraldeído.

Emmanuel (2003) estudou os efeitos do lançamento do efluente hospitalar no meio ambiente. Em um primeiro cenário, foi avaliado um hospital de emergência, no Haiti, onde o tratamento de efluentes consistia em fossa séptica e a captação de água para a população era realizada por poço de infiltração. Em um ambiente tropical, há o favorecimento da disseminação de patógenos pela alta temperatura, deste modo o efeito infeccioso é preocupante, juntamente ao risco químico, pela contaminação por metais pesados, solventes clorados, entre outros. Já utilizando como cenário, um país industrializado, onde o efluente hospitalar é tratado por uma ETE, o efeito da diluição é preponderante, diminuindo os seus efeitos no meio ambiente.

### **3.3 Legislação ambiental**

Há muito tempo, os recursos naturais são utilizados como fonte de vida e desenvolvimento, porém com o crescimento populacional, a degradação do meio ambiente tem se intensificado, gerando resíduos tóxicos e não biodegradáveis. Com o objetivo de regularizar a utilização dos recursos naturais foram desenvolvidas legislações de caráter ambiental, focando na proteção do meio ambiente (BORGES et al., 2009).

Um importante avanço observado na área legislativa ocorreu em 1972, após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que incentivou o desenvolvimento da Política Ambiental no Brasil. A Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, definindo os princípios de desenvolvimento sustentável, seus responsáveis e encargos, marcando o início do direito ambiental no país.

O Artigo 225, contido na Constituição Federal de 1988, consolidou a Política Nacional do Meio Ambiente, assegurando aos cidadãos o direito a um meio ambiente equilibrado e delegando ao Poder Público e a comunidade à sua preservação e manutenção.

Em 1998, foi sancionada a Lei de Crimes Ambientais nº 9.605, aplicando penalidades mais severas com o objetivo de solucionar as falhas das legislações anteriores, tornando assim a degradação do meio ambiente um prejuízo material para os empreendedores. Além disso, é a primeira legislação a abordar o lançamento de efluentes como infração contra o meio ambiente, complementado pelo Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008.

### **3.4 Legislação aplicada à estabelecimentos hospitalares**

Há inúmeras legislações voltadas para a área de saúde, servindo como roteiro para as boas práticas ambientais e fundamentando o trabalho realizado pela Gestão Ambiental dentro do ambiente hospitalar.

Destacam-se as legislações aplicadas para o gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), como a Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018, que define as tipologias de resíduos e o seu manejo adequado, e a Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e outras providências.

Como pode ser observado, as legislações que tratam dos resíduos provenientes do serviço de saúde não abrangem a produção de efluentes hospitalares, deixando assim, em cargo das legislações gerais a definição dos padrões para o seu lançamento.

A Resolução CONAMA nº 357 de 18 de março de 2005, complementada pela Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, define os padrões a serem atingidos pelos empreendimentos para o despejo de seus efluentes em corpo receptor, em nível nacional, enquanto a Resolução CONSEMA nº 355 de 19 de julho de 2017, define os parâmetros para lançamento em nível estadual.

### **3.5 Esgoto sanitário**

A palavra esgoto geralmente é utilizada para descrever os despejos provenientes de diversas fontes como: uso doméstico, comercial, industrial, instituições públicas, atividades agrícolas, entre outros (JORDÃO; PÊSSOA, 2011), variando suas características em função do uso da água, do clima, dos hábitos da população, da situação econômica e social da região (RODRIGUES, 2003; VON SPERLING, 1996).

Os esgotos domésticos ou sanitários constituem-se de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de contaminantes que incluem: sólidos suspensos, compostos orgânicos, nutrientes

(nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis e microrganismos (CAMPOS; NETO, 1999; CORNELLI, 2014; VON SPERLING, 1996).

### 3.5.1 Caracterização dos esgotos sanitários

A determinação da vazão dos esgotos expressa em volume (L ou m<sup>3</sup>) por unidade de tempo (segundo, hora, dia ou mês), é umas das características essenciais para a caracterização da água residuária, pois representa a quantidade de despejo (água, matéria sólida, poluentes químicos, microrganismos) transportado em um determinado período de tempo, sendo fator que influencia diretamente na estimativa de massa dos poluentes presentes no meio, comumente expressos na forma de concentração (mg/L, mg/m<sup>3</sup>) (JORDÃO; PÊSSOA, 2011).

Torna-se importante citar os parâmetros de qualidade dos esgotos (JORDÃO; PÊSSOA, 2011; VON SPERLING, 1996):

#### a) Odor

O processo de decomposição da matéria orgânica produz os gases responsáveis pelo odor característico dos esgotos, representando o estado do esgoto, onde o estado fresco, apresenta odor oleoso e levemente desagradável e o estado séptico, apresentando um odor fétido, devido a formação do gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), oriundo da decomposição do lodo contido nos despejos.

#### b) Cor

A cor é um parâmetro indicativo do estado de decomposição dos esgotos, sendo originada pela matéria em solução presente. Um esgoto fresco apresenta uma coloração cinza claro enquanto que um esgoto séptico, apresenta uma coloração negra, devido à decomposição parcial dos componentes.

#### c) Temperatura

A temperatura dos esgotos é levemente superior à das águas de abastecimento e do ar. A temperatura fora de seus limites de tolerância térmica influencia nas reações químicas e biológicas, no teor de oxigênio dissolvido e no processo de sedimentação (pelo aumento da viscosidade).

#### d) pH

O pH é um parâmetro indicativo da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O grau de acidez se relaciona à quantidade de gás carbônico livre e a alcalinidade com a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Valores alterados de pH podem influenciar na atividade biológica das estações de tratamento de esgoto.

#### e) Nitrogênio

Este componente é encontrado nos esgotos nas formas de: nitrogênio orgânico (proveniente das proteínas, aminoácidos e ureia), amônia, nitrito, nitrato ou gás nitrogênio. As bactérias nitrificantes transformam o nitrogênio orgânico em amônia, após em nitritos e posteriormente em nitratos. Sua forma encontrada no esgoto é indicativa da sua idade ou sua estabilização em relação a demanda bioquímica de oxigênio; nos esgotos brutos, é encontrado principalmente o nitrogênio orgânico ou amoniacal, sendo determinado pelo método Kjeldahl, ou NTK, nitrogênio total Kjeldahl.

#### f) Fósforo

A forma orgânica do fósforo se encontra combinada em proteínas e aminoácidos enquanto que o fósforo inorgânico se encontra na forma de ortofosfatos, proveniente de detergentes, do solo e da degradação da matéria orgânica. Ainda encontra-se combinada com polifosfatos, moléculas mais complexas de um ou dois átomos que se hidrolisam lentamente em ortofosfatos.

#### g) Matéria Orgânica

A matéria em decomposição nos esgotos é uma combinação de carbono, hidrogênio e nitrogênio, sendo compostas principalmente por:

- proteínas (40 a 60%): causadoras do gás sulfídrico ( $H_2S$ ), origem do odor fétido presente nas águas residuárias.
- carboidratos (25 a 50%), são as primeiras substâncias a serem degradadas, produzindo ácidos orgânicos, responsáveis pela acidez dos despejos velhos.
- gordura e óleos (10%), proveniente do uso de manteiga, óleos vegetais em cozinhas, etc.

- ureia, surfactantes, etc.

A matéria orgânica é parâmetro indispensável na caracterização das águas residuárias, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas, devido ao consumo de oxigênio pelos microrganismos, durante a estabilização da matéria biodegradável. Existem duas categorias de métodos para sua quantificação: métodos do consumo de oxigênio: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) e medição do Carbono Orgânico Total (COT)

#### I. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

Associada à fração biodegradável dos compostos orgânicos carbonáceos, é um parâmetro muito utilizado para quantificação de matéria orgânica nos despejos, sendo indicativo de poluição de uma água residuária. O método geralmente empregado quantifica o oxigênio necessário para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente em uma amostra, após certo tempo à uma temperatura de 20°C.

#### II. Demanda Química de Oxigênio (DQO):

Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente, ou seja, oxidar a fração orgânica carbonácea de uma amostra, englobando tudo que é suscetível a demandas de oxigênio, como os minerais oxidáveis.

A relação DQO/DBO são indicadores da biodegradabilidade dos despejos. Valores elevados representam um despejo com baixa biodegradabilidade enquanto que valores baixos, expressam uma alta biodegradabilidade da água residuária. Os esgotos sanitários apresentam uma relação típica de DQO/DBO na ordem de 1,7 a 2,5.

#### III. Carbono Orgânico Total (COT):

É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea, determinada através da conversão do carbono orgânico em gás carbônico.

##### h) Presença de sólidos

Todos os contaminantes da água residuária contribuem para a carga de sólidos, com exceção dos gases dissolvidos, podendo ser classificados de acordo com suas características:

- Físicas (Seu tamanho e estado): Sólidos em suspensão ou dissolvidos.

- Químicas: Sólidos Voláteis ou Fixos.
- Sedimentáveis: Sólidos em Suspensão Sedimentáveis ou não sedimentáveis.

A matéria sólida total (Sólidos Totais) pode ser definida como a matéria que permanece após a evaporação a 103°C; posteriormente a amostra é calcinada à 600°C, enquanto as substâncias orgânicas volatilizam (Sólidos Voláteis), os minerais permanecem em forma de cinza (Sólidos Fixos).

A carga sólida pode ser classificada de acordo com suas características físicas: a amostra é filtrada em membrana apropriada, a fração que permanece no filtro constitui os sólidos em suspensão, enquanto que a fração passante compõe os sólidos dissolvidos (na forma em suspensão ou coloidal).

Quanto às características de decantabilidade, é realizado um ensaio de sedimentação onde a fração que sedimenta em um período de tempo razoável é chamada de fração sedimentável e a fração que não sedimenta neste período, como não sedimentável.

#### i) Microrganismos

Os principais organismos encontrados nos esgotos são: bactérias, fungos, algas, protozoários, vírus e outros. Há organismos que quando presentes na água residuária indicam uma forma de poluição. Tipicamente é utilizada as bactérias de origem fecal, características do organismo humano e animal, de fácil identificação e quantificação.

Organismos Indicadores usualmente utilizados:

- Coliformes Totais (CT),
- Coliformes Fecais (CF),
- Escherichia Coli (EC),
- Estreptococos Fecais (EsF),
- Enterococos Fecais (EnF).

#### j) Substâncias Tóxicas

É raro a ocorrência de substâncias tóxicas no esgoto sanitário, podendo serem encontradas desde que inseridas por outra fonte externa, como indústrias, no sistema de coleta.

Os valores típicos encontrados para o esgoto sanitário se encontram na tabela 1.

### 3.6 Considerações

As concentrações dos poluentes, presentes no efluente hospitalar são reduzidas, devido ao efeito de diluição, quando afluem no meio ambiente. Porém, não se deve negligenciar os efeitos nocivos dos produtos químicos e medicamentos no meio, onde mesmo em quantidades mínimas causam um grande desequilíbrio, como é o caso dos poluentes emergentes.

Os hospitais e unidades de saúde são grandes emissores de fármacos e hormônios, causadores de alterações morfológicas, genotoxicidade, e alterações na capacidade de reprodução dos animais aquáticos; suspeita-se que o contato com o excesso de hormônios cause efeitos nos humanos, como câncer, alterações hormonais nos homens e mulheres. Estes contaminantes apresentam bioacumulação nos organismos e persistência no meio ambiente devido a sua resistência à degradação fotoquímica e biológica.

Como pode ser observado no item 3.3 e 3.4 desta revisão, a legislação não aborda restrições quanto ao lançamento destes compostos no meio ambiente, deixando o seu monitoramento e controle não fundamentado, impossibilitando um posicionamento das instituições em relação a este tema.

Observa-se que, segundo a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, os efluentes provenientes de instituições de saúde podem ser lançados na rede coletora de esgotos sanitários desde que a mesma seja conectada com a estação de tratamento de esgotos do município, ou em caso de lançamento direto, seja realizado um tratamento prévio destes efluentes. Esta é a diretriz existente.

Tabela 1. Revisão bibliográfica dos parâmetros típicos encontrados no esgoto sanitário.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>Souza et al (2012)</b>	<b>Moura et al (2011) Média</b>	<b>Jordão; Pessoa (2011)</b>	<b>Von Sperling (1996)</b>	<b>Leal (2009) Média</b>	<b>Tessele (2011)</b>	<b>Barroso Júnior (2015)</b>	<b>Reque (2015)</b>	<b>Hoyos (2016)</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<i>Temperatura</i>	°C	21,20	20,00			-	-	-	20,00	-	20,4	0,69
<i>Ph</i>		7,30	6,73		7,00	-	6,90	-	7,70	7,20	7,1	0,34
<i>DQO</i>	mg/L	-	459,31	800,00	700,00	1122,50	298,00	338,90	294,00	383,50	549,5	298,16
<i>DBO</i>	mg/L	174,20	248,69	400,00	350,00	-	-	229,30	190,00	228,40	260,1	83,70
<i>Sólidos Totais</i>	mg/L	-	852,25	1160,00	1100,00	-	-	432,70	501,00	414,50	743,4	339,42
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	-	-	20,00	15,00	-	4,90	-	-	-	13,3	7,69
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	-	235,75	360,00	400,00	706,50	541,00	-	148,00	143,70	362,1	208,79
<i>Nitrogênio Total</i>	mg/L	63,02	39,75	85,00	50,00	34,25	-	43,10	35,00	41,70	49,0	17,24
<i>Nitrogênio Amoniacal</i>	mg/L	33,92	-	50,00	30,00	24,70	37,50	22,70	29,00	25,70	31,7	8,86
<i>Fósforo Total</i>	mg/L	335,83	15,96	20,00	14,00	5,85	6,00	-	2,20	-	57,1	123,06
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	-	65,06	100,00	110,00	-	-	-	-	-	91,7	23,60

## 4 Materiais e Métodos

A metodologia utilizada no presente estudo seguiu as seguintes etapas:

Etapa 1: Avaliação do local a fim de determinar os pontos de coleta de amostras.

Etapa 2: Verificação da contribuição de cada ponto em termos de vazão na composição do efluente final.

Etapa 3: Caracterização das amostras coletadas com base em parâmetros químicos e biológicos.

### 4.1 Descritivo do local de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em duas unidades hospitalares, Hospital A e Hospital B, localizados na Zona Norte da cidade de Porto Alegre/RS. Os dados característicos de cada instituição encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Dados característicos do Hospital A.

<b>HOSPITAL A</b>	
<i>Especialidade</i>	Geral
<i>Taxa de Ocupação</i>	88%
<i>Número de Leitos</i>	791
<i>Pacientes Dia</i>	22.134
<i>Principais Setores</i>	Emergência, Ambulatório, Banco de Sangue, Laboratório Clínico, Bloco Cirúrgico, Centro Obstétrico, Hemodiálise, Sala de Recuperação, Central de Materiais, UTI, Patologia, CMI, Centros de Diagnóstico por Imagem, Medicina Nuclear, Refeitório, Administrativo, Unidades de Internação: Psiquiatria, Cirurgia Geral, Oncologia, Isolamento, Ginecologia, etc.
<i>Tratamento de Efluente</i>	Não
<i>Local de Lançamento</i>	Rede Coletora Municipal
<i>Destino Final</i>	Lago Guaíba

Tabela 3. Dados característicos do Hospital B

<b>HOSPITAL B</b>	
<i>Especialidade</i>	Pediátrico
<i>Taxa de Ocupação</i>	60%
<i>Número de Leitos</i>	190
<i>Pacientes Dia</i>	3.789
<i>Principais Setores</i>	Unidades de Internação Clínicas e Cirúrgica, Ambulatório e Internação Oncológica, Bloco Cirúrgico, UTI (neonatal e pediátrica), Emergência, Serviço de Diagnóstico por Imagem, Central de Material, Administrativo.
<i>Tratamento de Efluente</i>	Não
<i>Local de Lançamento</i>	Rede Coletora Municipal
<i>Destino Final</i>	Lago Guaíba

Os Hospitais A e B operam com um setor de Gestão Ambiental, realizando a segregação dos seus resíduos em Químicos, Infectantes, Perfurocortantes, Radioativos, Orgânicos e Recicláveis. Os hospitais têm empresas especializadas para a realização do transporte, tratamento e destino final de acordo com a tipologia do resíduo estipulada pela Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018.

Conforme informação dos hospitais estudados, o efluente hospitalar proveniente destas instituições tem como destino o Lago Guaíba, devido à falta de ligação adequada dos efluentes até a ETE do município. A perspectiva futura é a obtenção de ligação com a rede de esgoto sanitário com a estação de tratamento municipal, objetivando fornecer o tratamento adequado para estes efluentes.

#### **4.2 Amostragem de vazão**

Na etapa inicial deste trabalho foram mapeados os pontos de coleta de efluente nas instituições. Foram identificados 8 pontos de coleta para o Hospital A e 2 pontos principais para o Hospital B, conforme Tabela 4. No apêndice B encontra-se a identificação fotográfica de cada ponto de coleta enquanto que a demarcação dos locais é mostrada numa planta com vista superior, disponível no Apêndice A. A Tabela 4 indica a nomenclatura dos pontos e o

local de coleta de efluente enquanto que a origem do efluente por ponto de coleta se encontra na Tabela 5.

Tabela 4. Descrição dos pontos de coleta de efluente – Hosp. A e B.

<b>Ponto</b>	<b>Local</b>
<i>Ponto 1</i>	Hospital A – Ambulatório
<i>Ponto 2</i>	Hospital A – Emergência
<i>Ponto 3A</i>	Hospital A – Emergência
<i>Ponto 3B</i>	Hospital A – Emergência
<i>Ponto 4</i>	Hospital A - Bloco A
<i>Ponto 5</i>	Hospital A - Bloco A
<i>Ponto 6A</i>	Hospital B – Subestação de energia
<i>Ponto 6B</i>	Hospital B – Subestação de energia
<i>Ponto 8</i>	Hospital A – Fundos
<i>Ponto 9</i>	Hospital A – Emergência

Tabela 5. Origem do efluente por ponto de coleta

<b>Ponto</b>	<b>Local</b>	<b>Fonte</b>
<i>Ponto 1</i>	Hosp. A - Ambulatório	Ambulatório (Oftalmologia, Plástico, Ginecologia, Obstetrícia, Medicina Interna); Refeitório, UTI (isolamento, cirúrgica), Farmácia, Hospital Dia, Unidade de Internação (Cardiovascular, Hematologia), Residência Vitalícia, Hematologia
<i>Ponto 2</i>	Hosp. A - Emergência	Emergência, Medicina Nuclear, Bloco Cirúrgico, Unidades de Internação (Cirurgia Geral), Centro Obstétrico
<i>Ponto 3A</i>	Hosp. A - Emergência	Emergência, Bloco Cirúrgico, Unidade de Internação (Proctologia, Cirurgia Geral), Centro Obstétrico, Medicina Interna
<i>Ponto 3B</i>	Hosp. A - Emergência	Emergência, Bloco Cirúrgico, Unidade de Internação (Proctologia, Cirurgia Geral), Centro Obstétrico, Medicina Interna

Tabela 5. Continuação

<i>Ponto 4</i>	Hosp. A - Bloco A	Vestiários, Unidade de Internação (Cirurgia Geral, Proctologia, Ginecologia, Medicina Interna, Pneumologia)
<i>Ponto 5</i>	Hosp. A - Bloco A	Vestiários, Oncologia, Otorrinologia, Fonoaudiologia, Unidade de Internação (Ginecologia, Medicina Interna, Pneumologia)
<i>Ponto 6A</i>	Hosp. B - Subestação	Isolamento, Oncologia, hematologia, Internação, Nutrição, Setor de Pesquisa Clínica, Ginecologia, Psicologia
<i>Ponto 6B</i>	Hosp. B - Subestação	Psiquiatria, higienização, Lactário, Processamento de Imagens, Sala de Recuperação, UTI Pediátrica, Oncologia, Hematologia, UTI Neonatal, Banco de Leite
<i>Ponto 8</i>	Hosp. A - Fundos	Laboratório Clínico, Cozinha, Processamento de Roupas, Administração, Unidades de Internação (Cirurgia Geral, Neurologia, Urologia, Vascular, Oncologia, Psiquiatria etc), UTI, Bloco Cirúrgico, Serviço de Diagnóstico por Imagem,
<i>Ponto 9</i>	Hosp. A - Emergência	Emergência, Sala de Recuperação, Exames (Laringoscopia, Colonoscopia, Endoscopia, Unidades de Internação (Infectologia, Isolamento, Cirurgia Torácica, entre outras), Bloco Cirúrgico, Centro Obstétrico.

A NBR 13.403, que dispõe sobre a medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores – escoamento livre, foi utilizada para definição do método de amostragem de vazão. Foram escolhidos os métodos volumétrico e flutuador, dependendo da situação de acesso de para medição em cada ponto, conforme Tabela 6. Objetivando obter-se um resultado fidedigno, foram realizadas medições em triplicata, com uma diferença de 5 minutos.

Tabela 6. Método de Amostragem de Vazão para cada ponto de lançamento de efluente.

<i>Ponto</i>	<i>Método</i>
<i>Ponto 1</i>	Volumétrico
<i>Ponto 2</i>	Flutuador
<i>Ponto 3A</i>	Volumétrico
<i>Ponto 3B</i>	Flutuador
<i>Ponto 4</i>	Volumétrico
<i>Ponto 5</i>	Volumétrico
<i>Ponto 6A</i>	Volumétrico
<i>Ponto 6B</i>	Volumétrico
<i>Ponto 8</i>	Flutuador
<i>Ponto 9</i>	Volumétrico

Estudou-se a variação da vazão em um dos pontos de saída de efluente, visando determinar os horários de maior e menor vazão de efluente na instituição. A partir das informações obtidas, foram definidos os horários de amostragem, totalizando cinco medições durante o período de maior funcionamento da unidade hospitalar, ou seja, de segunda a quinta – feira, entre as 9hs e às 19hs, sendo escolhido um horário no período da manhã, três horários à tarde e um horário à noite. As medições foram realizadas nos dias 21 de março, 03, 05 e 16 de abril de 2018.

Com os resultados obtidos, foi possível determinar a vazão média diária e a curva característica para cada ponto amostrado.

### 4.3 Caracterização das amostras coletadas

A coleta do efluente foi realizada durante três dias, 08, 10 e 14 de maio de 2018, entre segunda a quinta-feira, período de maior movimentação de pacientes, e no horário de pico de vazão de efluentes em cada ponto, sendo coletado e analisado por laboratório especializado (Toxilab – Laboratório de Análises).

Os parâmetros analisados encontram-se na tabela 7. Os métodos de quantificação dos parâmetros utilizados na caracterização do efluente hospitalar foram baseados no Standart Methods (APHA, 2012) e EPA (1994). Os resultados obtidos foram comparados com a dados da literatura considerando parâmetros presentes no esgoto sanitário e com a Resolução

CONSEMA n° 355, de 19 de julho de 2017. Esses parâmetros são apresentados resumidamente nas Tabelas 8, 9 e 10. A revisão bibliográfica completa dos parâmetros típicos do esgoto sanitário está apresentada no item 3.5 deste trabalho.

Tabela 7. Parâmetros para Caracterização de Efluentes

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>
<i>Temperatura</i>	Termômetro de Mercúrio
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	Cone Inhoff
<i>Sólidos Suspensos</i>	Gravimetria
<i>DBO520°C</i>	Método de Winkler
<i>DQO</i>	Refluxo Aberto
<i>Óleos e graxas mineral</i>	Gravimetria
<i>pH</i>	Potenciômetro
<i>NH<sub>3</sub></i>	Titulométrico
<i>P (total)</i>	Calorimetria
<i>Ag</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Al</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>As</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Cd</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Cianeto</i>	Íon Seletivo
<i>Cr (total)</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Cu</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Fe (total)</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Hg</i>	Gerador de Hidreto
<i>Ni</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Pb</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Sn</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Zn</i>	Espectrometria de Emissão Atômica
<i>Se</i>	Espectrometria de Emissão Atômica

Tabela 8. Parâmetros resumidos obtidos para o esgoto sanitário típico.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<i>Temperatura</i>	°C	20,4	0,69
<i>Ph</i>		7,1	0,34
<i>DQO</i>	mg/L	549,5	298,16
<i>DBO</i>	mg/L	260,1	83,70
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	13,3	7,69
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	362,1	208,79
<i>Nitrogênio Total</i>	mg/L	49,0	17,24
<i>Nitrogênio Amoniacal</i>	mg/L	31,7	8,86
<i>Fósforo Total</i>	mg/L	57,1	123,06
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	91,7	23,60

Tabela 9. Parâmetros para o lançamento de efluentes em águas superficiais no Rio Grande do Sul.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>Resolução CONSEMA n° 355/2017</b>
<i>Temperatura</i>	oC	40
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	1
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	**
<i>DBO<sub>5</sub>20°C</i>	mg/L	**
<i>DQO</i>	mg/L	**
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	<10
<i>pH</i>	mg/L	Entre 6,0 e 9,0
<i>NH<sub>3</sub></i>	mg/L	**
<i>P (total)</i>	mg/L	**
<i>Ag</i>	mg/L	0,1
<i>Al</i>	mg/L	10

Tabela 9. Continuação

<i>As*</i>	mg/L	0,1
<i>Cd*</i>	mg/L	0,1
<i>Cianeto*</i>	mg/L	0,2
<i>Cr (total)*</i>	mg/L	0,5
<i>Cu*</i>	mg/L	0,5
<i>Fe (total)</i>	mg/L	10
<i>Hg*</i>	mg/L	0,01
<i>Ni</i>	mg/L	1
<i>Pb*</i>	mg/L	0,2
<i>Sn</i>	mg/L	4
<i>Zn</i>	mg/L	2
<i>Se*</i>	mg/L	0,05

\* Para vazões acima de  $100\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$ , usar fator de correção de 0,8.

\*\* valores variam de acordo com a Tabela 8.

Tabela 10. Padrões de emissão em função da vazão.

<b>Faixa de vazão de efluente(<math>\text{m}^3/\text{dia}</math>)</b>	<b>DBO mg/L</b>	<b>DQO mg/L</b>	<b>SST mg/L</b>	<b>FÓSFORO mg/L</b>	<b>NITROGENIO mg/L</b>
$Q < 100$	120	330	140	4	20
$100 \leq Q < 500$	110	330	125	3	20
$500 \leq Q < 1.000$	80	300	100	3	20
$1.000 \leq Q < 3.000$	70	260	80	2	20
$3.000 \leq Q < 7.000$	60	200	70	2	20
$7.000 \leq Q < 10.000$	50	180	60	2	20
$10.000 \leq Q$	40	150	50	1	20

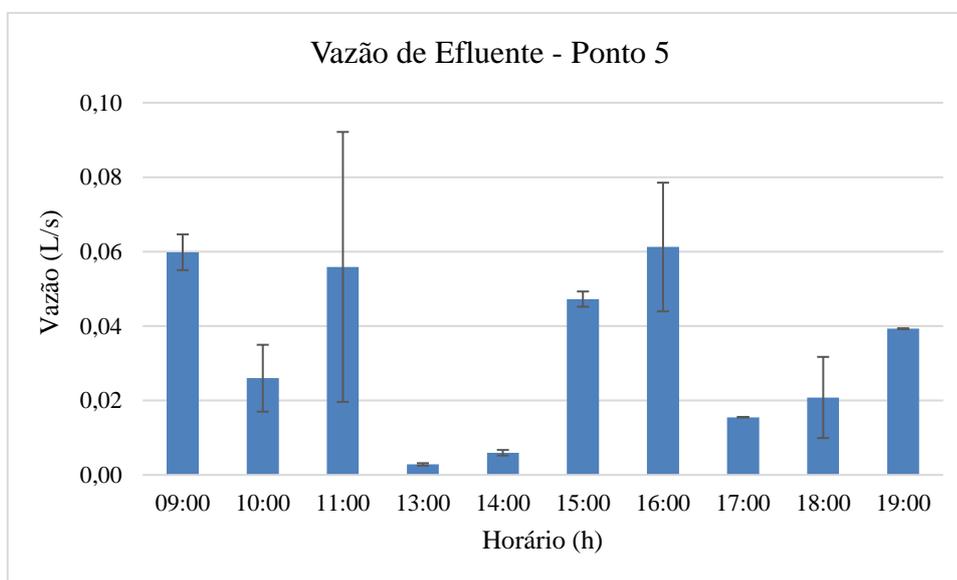
## 5 Resultados e Discussão

Nesta seção é apresentada a comparação do efluente hospitalar com o esgoto sanitário típico e com a Resolução CONSEMA nº 355/2017.

### 5.1 Estudo da vazão de lançamento de efluente

A amostragem de vazão foi realizada de acordo com a metodologia descrita no item 4.2 deste trabalho. Primeiramente escolheu-se um ponto e realizou-se o monitoramento da variação de vazão no período das 9hs às 19hs. O resultado obtido se encontra no Figura 3.

Figura 3. Gráfico demonstrativo da variação de vazão no Ponto 5.



Observa-se que os horários de variação de vazão é as 9hs às 11hs, 13hs às 16hs, 17hs às 18hs e às 19hs, assim estes horários foram utilizados na caracterização dos pontos de lançamento de efluente restantes, obtendo-se assim a curva característica de vazão para cada ponto e as suas vazões médias. Um exemplo da curva característica de vazão obtida para o restante dos pontos se encontra na Figura 4, as demais se encontram no Apêndice C. A vazão média dos pontos está descrita na Tabela 11.

Figura 4. Curva Característica de vazão do Ponto 4.

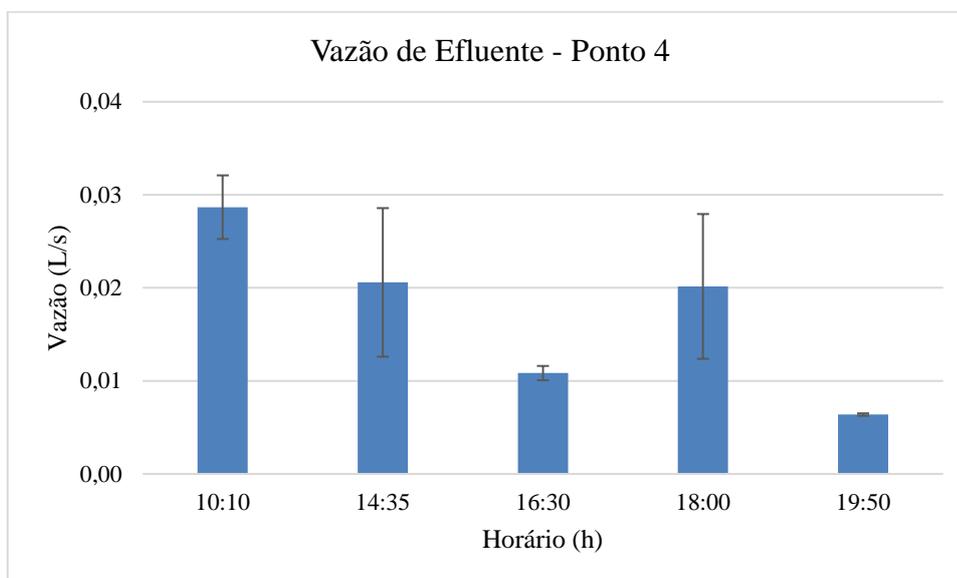


Tabela 11. Vazão de efluente por ponto de lançamento – Hospital A e B.

<i>Ponto</i>	<b>Local</b>	<b>Data Medição</b>	<b>Vazão Média (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>%</b>
<i>Ponto 1</i>	Hosp. A - Ambulatório	03/04/2018	713,1	8,9
<i>Ponto 2</i>	Hosp. A - Emergência	03/04/2018	3552,7	44,1
<i>Ponto 3A</i>	Hosp. A - Emergência	03/04/2018	254,6	3,2
<i>Ponto 3B</i>	Hospital A - Emergência	03/04/2018	820,7	10,2
<i>Ponto 4</i>	Hosp. A - Bloco A	03/04/2018	44,9	0,6
<i>Ponto 5</i>	Hosp. A - Bloco A	21/03/2018	101,4	1,3
<i>Ponto 6A</i>	Hosp. B - Subestação	16/04/2018	2366,3	87,3
<i>Ponto 6B</i>	Hosp. B - Subestação	16/04/2018	343,8	12,7
<i>Ponto 8</i>	Hosp. A - Fundos	05/04/2018	2206,9	27,4
<i>Ponto 9</i>	Hosp. A - Emergência	03/04/2018	360,5	4,5

**Total de efluente medido – Hospital A**      **8054,7 m<sup>3</sup>/mês**

**Total de efluente medido – Hospital B**      **2710,1 m<sup>3</sup>/mês**

### 5.1.1 Consumo de água nas unidades hospitalares

Conforme explicitado no item 3.2, é possível relacionar o consumo de água com a produção de efluente dentro de um hospital. Os dados fornecidos pela instituição estão apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12. Dados de consumo de água para o Hospital A (Valores aproximados).

<i>Hospital A</i>	m <sup>3</sup> / mês
<i>Consumo água</i>	10000,0
<i>Efluente produzido</i>	8000,0
<i>Efluente amostrado</i>	8054,7

Tabela 13. Dados de Consumo de água para o Hospital B. (Valores aproximados).

<i>Hospital B</i>	m <sup>3</sup> / mês
<i>Consumo água</i>	4000,0
<i>Efluente produzido</i>	3200,0
<i>Efluente amostrado</i>	2710,1

Considerando que aproximadamente 80% da água consumida retorna as tubulações na forma de esgoto, tem-se uma produção de efluente de 8000 e 3200 m<sup>3</sup>/ mês para o Hospital A e B respectivamente. Conforme demonstrado no item 5.1, mapeou-se uma vazão de efluente de 8054,7 e 2710,1 m<sup>3</sup>/ mês para os citados hospitais, valores muito próximos ao produzido teoricamente. À vista disso, considera-se que todos os pontos críticos de lançamento de efluente foram localizados, assegurando que os resultados são fidedignos e representativos das unidades de estudo.

## 5.2 Análise comparativa das características do efluente hospitalar em relação ao esgoto sanitário típico

Realizou-se uma revisão da literatura buscando os parâmetros típicos encontrados no esgoto sanitário, conforme apresentado no item 3.5 deste trabalho, com o objetivo de realizar uma análise comparativa com o efluente hospitalar obtido.

Os resultados obtidos na caracterização do efluente hospitalar estão dispostos resumidamente na tabela 14, juntamente com os valores utilizados para comparação, ou seja, os parâmetros médios encontrados no esgoto sanitário e a Resolução CONSEMA n°

355/2017, apresentados na seção 4.3 deste trabalho. Os resultados obtidos em cada análise estão dispostos no Apêndice D.

Tabela 14. Média dos pontos analisados a partir das amostras coletadas nos hospitais e parâmetros para comparação.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2 **,*</b>	<b>Ponto 3A</b>	<b>Ponto 3B</b>	<b>Ponto 6A</b>	<b>Ponto 6B</b>	<b>Ponto 8</b>	<b>Ponto 9</b>	<b>ES</b>	<b>DP</b>	<b>CONSEMA n° 355/2017</b>
<i>Temperatura</i>	°C	26,0	25,8	20,7	22,0	30,8	22,7	23,3	27,7	20,4	0,69	40
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	2,0	5,2	2,9	8,3	0,4	7,1	1,2	0,8	13,3	7,69	1
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	99,3	201,7	19,7	274,0	14,3	335,0	196,0	40,0	362,1	208,79	140
<i>DBO520°C**</i>	mg/L	670,0	256,7	157,7	400,0	56,0	931,0	267,7	98,7	260,1	83,70	120/110**
<i>DQO**</i>	mg/L	1419,1	561,3	345,4	862,3	92,6	1943,8	573,3	217,9	549,5	298,16	330**
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#	#	#	9,0	#	91,7	23,60	<10
<i>pH</i>	mg/L	8,6	8,3	8,7	6,4	6,8	5,9	7,7	7,7	7,1	0,34	Entre 6,0 e 9,0
<i>NH3**</i>	mg/L	33,5	26,7	23,4	24,6	7,5	21,2	44,6	28,5	31,7	8,86	20**
<i>P (total)**</i>	mg/L	10,7	14,8	6,0	8,3	1,8	8,5	15,7	6,6	57,1	123,06	4/3**
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,1
<i>Al</i>	mg/L	1,5	4,4	0,1	0,5	0,1	4,0E-2	0,3	0,2	ND	-	10
<i>As*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,1
<i>Cd*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,1/0,08*
<i>Cianeto*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,2/0,16*

<i>Cr (total)*</i>	mg/L	3,3E-3	1,7E-3	ND	ND	3,3E-3	3,3E-3	2,7E-3	6,7E-3	ND	-	0,5/0,4*
<i>Cu*</i>	mg/L	0,1	0,2	2,3E-2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	ND	-	0,5/0,4*
<i>Fe (total)</i>	mg/L	1,9	5,6	0,1	0,8	0,2	1,5	0,3	0,3	ND	-	10
<i>Hg*</i>	mg/L	1,7E-4	2,7E-4	ND	1,7E-4	3,3E-5	ND	6,7E-5	3,0E-4	ND	-	0,01/0,008*
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	1
<i>Pb*</i>	mg/L	ND	3,3E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,2/0,16*
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,1	ND	ND	ND	ND	-	4
<i>Zn</i>	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	2,3E-2	0,1	0,1	0,1	ND	-	2
<i>Se*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3,3E-2	ND	ND	-	0,05/0,04*

\* Valores com  $Q > 100 \text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$  precisam utilizar fator de correção de 0,8.

\*\* padrão de emissão depende do valor da vazão.

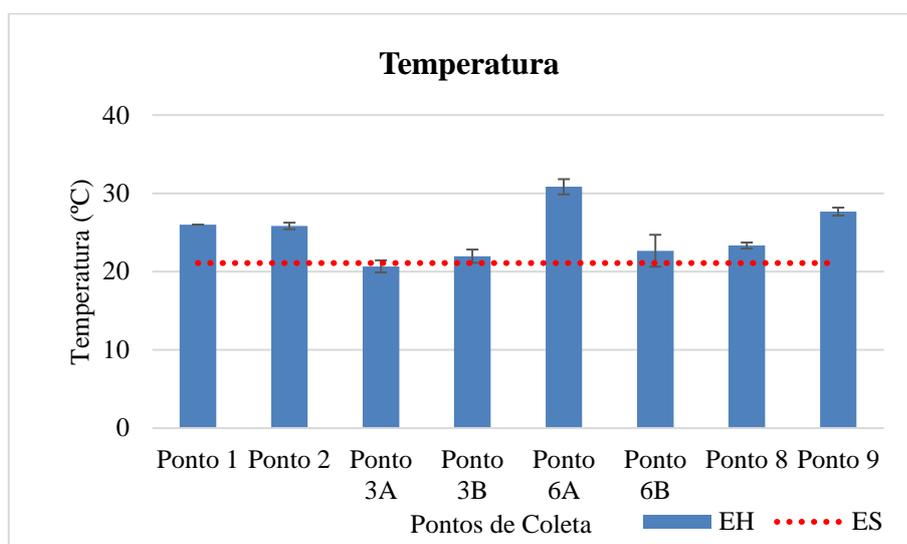
# valores abaixo do limite de detecção.

ND: não detectado.

Os pontos 4 e 5 não puderam ser analisados devido a uma obra realizada no local, deixando inacessível os pontos de coleta; porém como os mesmos representavam 0,3 e 1,3% do efluente total, não houve prejuízo para a análise do efluente realizada.

Na figura 5, estão demonstrados os resultados médios para cada ponto de efluente referente à temperatura da amostra no momento da coleta. O parâmetro utilizado para comparação é o valor máximo encontrado para o esgoto sanitário, de acordo com as referências, representado em linha.

Figura 5. Caracterização do Efluente Hospitalar – Temperatura.



A temperatura do EH variou entre 20,7°C e 30,8°C, ficando acima do valor típico encontrado para o esgoto sanitário, que é em torno de 20°C. É importante destacar a influência das estações do ano no valor deste parâmetro, visto que apresentou uma diferença máxima de 5°C em relação à temperatura ambiente no momento da coleta. Apesar deste resultado, o mesmo se encontra dentro do exigido pela legislação, onde a temperatura para o lançamento de efluentes deve se manter abaixo de 40°C.

Na figura 6 e 7, os resultados médios obtidos para os Sólidos Sedimentáveis e Suspensos para cada ponto de coleta estão representados. O parâmetro de comparação, ou seja, o valor máximo encontrado no esgoto sanitário para este parâmetro de acordo com as referências utilizadas, se encontra em linha.

Figura 6. Caracterização do Efluente Hospitalar – Sólidos Sedimentáveis.

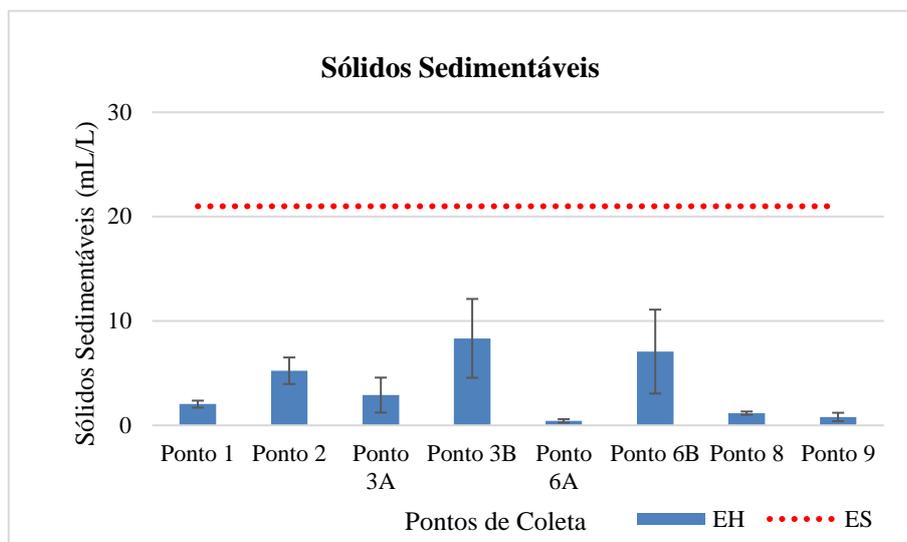
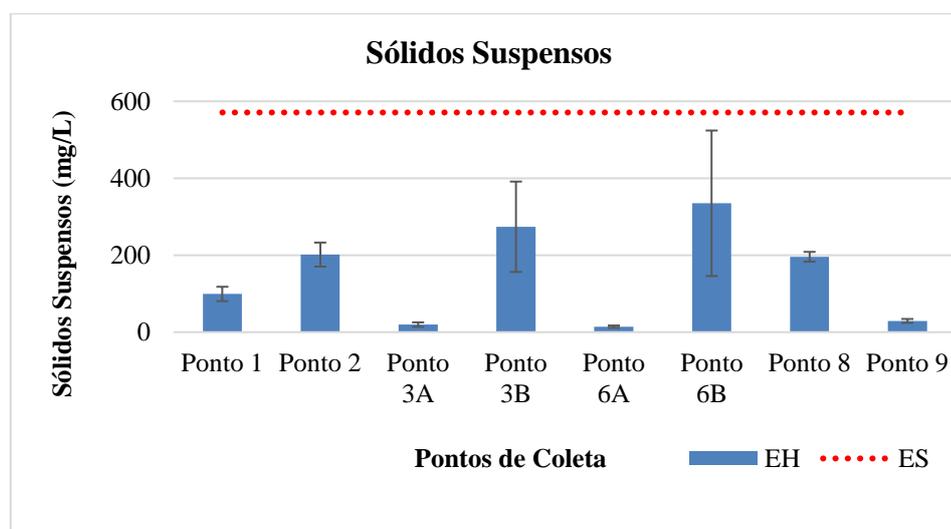


Figura 7. Caracterização do efluente hospitalar – Sólidos Suspensos.



Os resultados obtidos para os sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos variaram entre 0,8 a 8,3 mL/L e 14,3 a 335 mg/L respectivamente, para o efluente hospitalar. Este valor é comparativamente inferior que o apurado para o esgoto sanitário típico, que apresentou 13,3 e 362,1 mg/L em média. Evaldt (2005) caracterizou em seu trabalho, quatro hospitais de diferentes portes da cidade de Porto Alegre/RS, obtendo valores médios inferiores, 3,9 e 102,7 mg/L para estes parâmetros. Já Rosa et al (2002) encontrou valores de sólidos suspensos em uma faixa de 196 mg/L a 336 mg/L para um hospital semelhante ao estudado, com valores próximo ao encontrado nesta análise.

Nas figuras 8 e 9, estão dispostos os valores médios obtidos para os parâmetros DBO e DQO, no efluente hospitalar, comparativamente com o valor máximo encontrado no esgoto sanitário, de acordo com as referências, representado em linha.

Figura 8. Caracterização do efluente hospitalar – DBO.

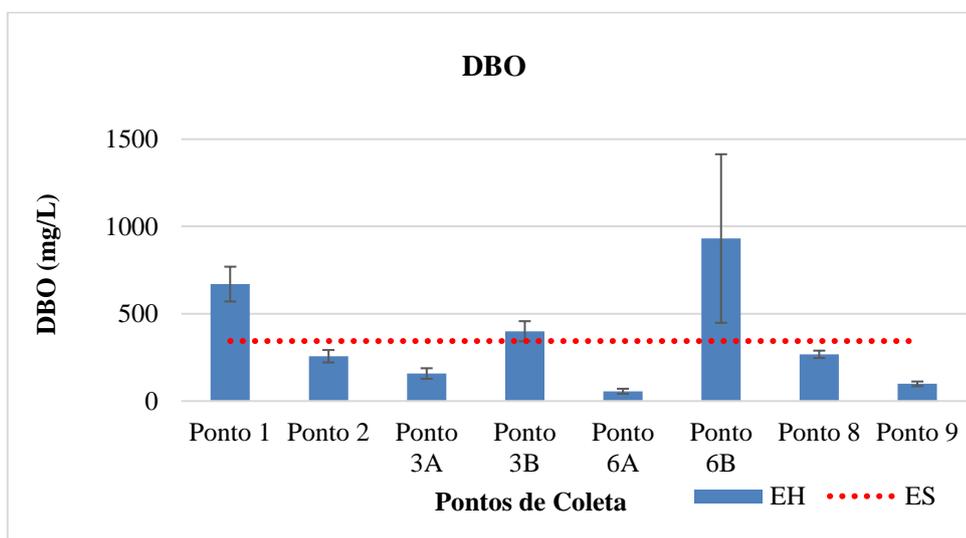
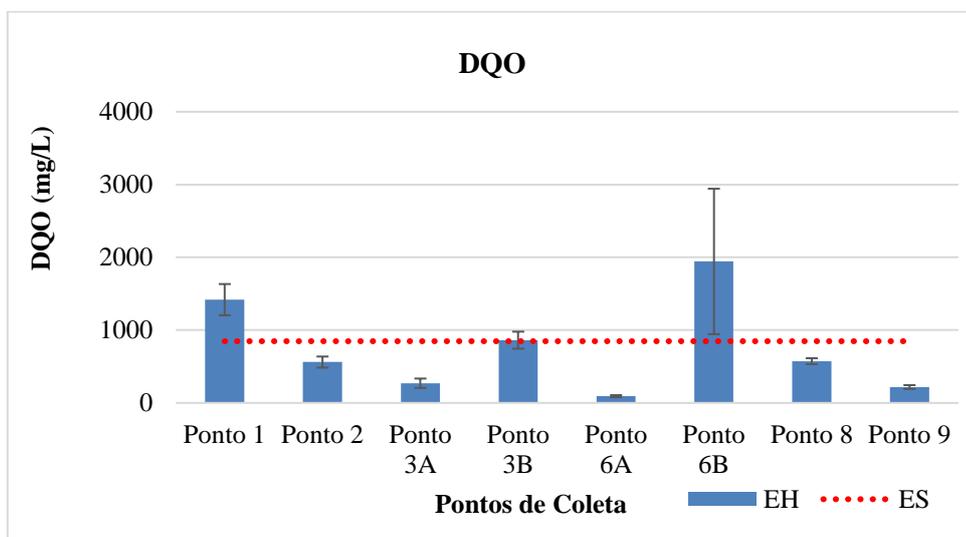


Figura 9. Caracterização do efluente hospitalar – DQO.



A DBO e DQO apresentaram valores na faixa de 98,7 a 931 mg/L e 92,6 a 1943,8 mg/L respectivamente. Os pontos 1 e 6B, representantes de 8,9% (Hospital A) e 12,7% (Hospital B) do efluente produzido, ultrapassaram significativamente o valor apurado para o esgoto sanitário. Este resultado pode ser justificado pela origem deste efluente, que resulta da contribuição de vários setores, destacando – se a Unidade de Tratamentos Intensivos (Ponto 1) e o banco de leite (Ponto 6B), (neste último devido a coloração do efluente coletado), que produzem grande quantidade de matéria orgânica, como por exemplo, os drenos utilizados para retirada dos fluídos corporais, utilizado na UTI e o leite descartado pelo banco de leite. Emmanuel et al. (2005), analisou o efluente proveniente do Departamento de Doenças

Tropicais e Infecciosas (ITDD), com capacidade de 144 leitos, na França, obtendo valores de DBO e DQO maiores que o apresentado neste trabalho (1544,5 e 2590 mg/L em média).

Uma alternativa para diminuição da carga orgânica despejada na rede de esgotos seria o recolhimento da matéria orgânica produzida nos setores com maior criticidade de geração de efluente, como a UTI, Bloco Cirúrgico e Banco de Leite, e estudar sua influência no teor de DBO e DQO do efluente hospitalar.

Nas figuras 10, 11 e 12, estão dispostos os valores médios obtidos para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal, Fósforo e Óleos e Graxas Mineral, no efluente hospitalar, comparativamente com valor máximo encontrado no esgoto sanitário, de acordo com as referências, representado em linha.

Figura 10. Caracterização do efluente hospitalar – Nitrogênio Amoniacal.

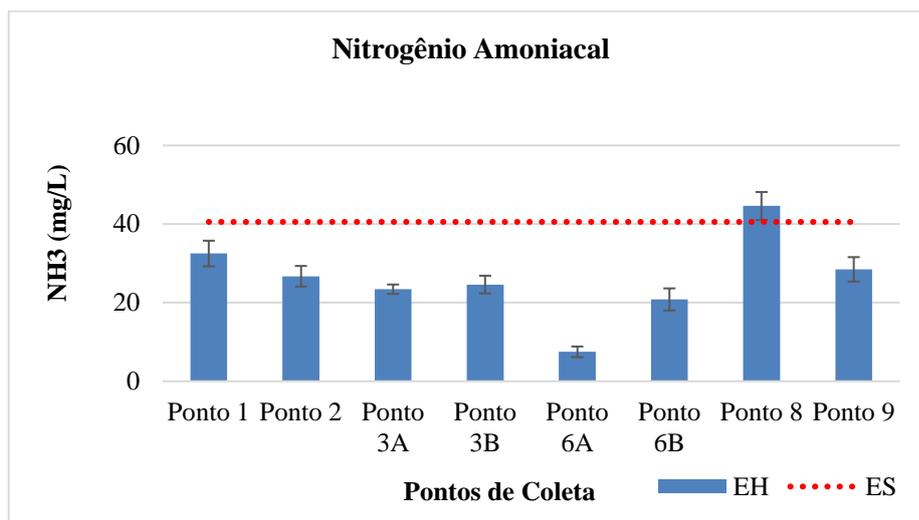


Figura 11. Caracterização do efluente hospitalar – Fósforo.

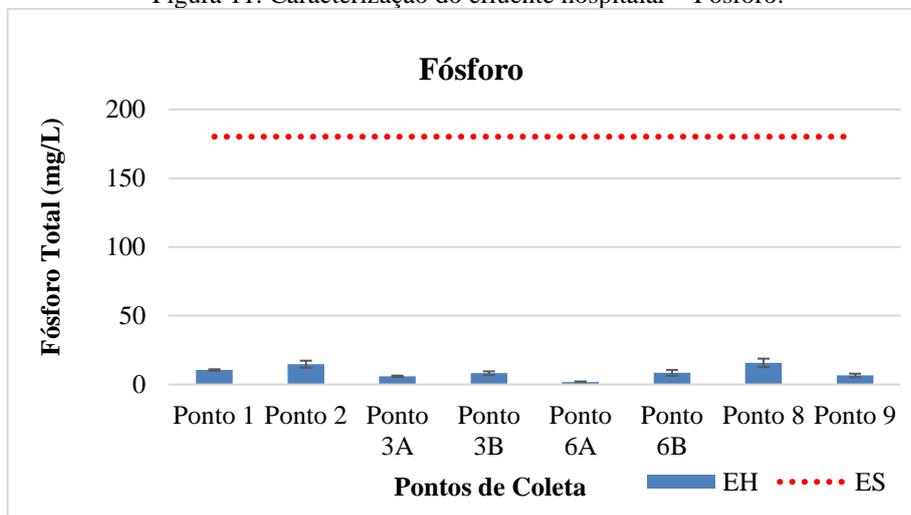
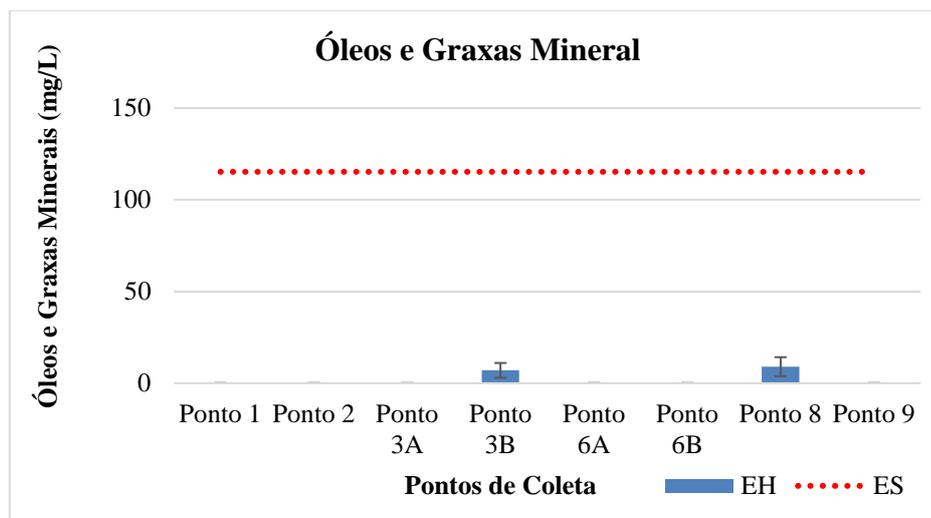


Figura 12. Caracterização do efluente hospitalar – Óleos e Graxas Mineral.



A presença de nitrogênio é indicativa do estado do esgoto, apresentado comumente na forma amoniacal no esgoto sanitário, com uma concentração média de 31,7 mg/L, nos esgotos brutos. Os valores obtidos para o efluente hospitalar variam de 7,5 a 44,6 mg/L, estando ligeiramente acima do valor encontrado para o ES. Uma das fontes mais conhecidas deste composto é a hidrólise da ureia na água. Deste modo, um local com alta concentração de pessoas e pacientes, provavelmente terá um acréscimo na quantidade de urina chegando as tubulações, justificando desta maneira o aumento do Nitrogênio amoniacal no efluente hospitalar.

O Fósforo provém principalmente de detergentes e da matéria fecal que é rica em proteínas, apresentando no esgoto sanitário uma concentração de aproximadamente 57,1 mg/L. Os valores obtidos para o efluente hospitalar, 1,8 a 15,7 mg/L, se encontram abaixo do valor descrito para o ES.

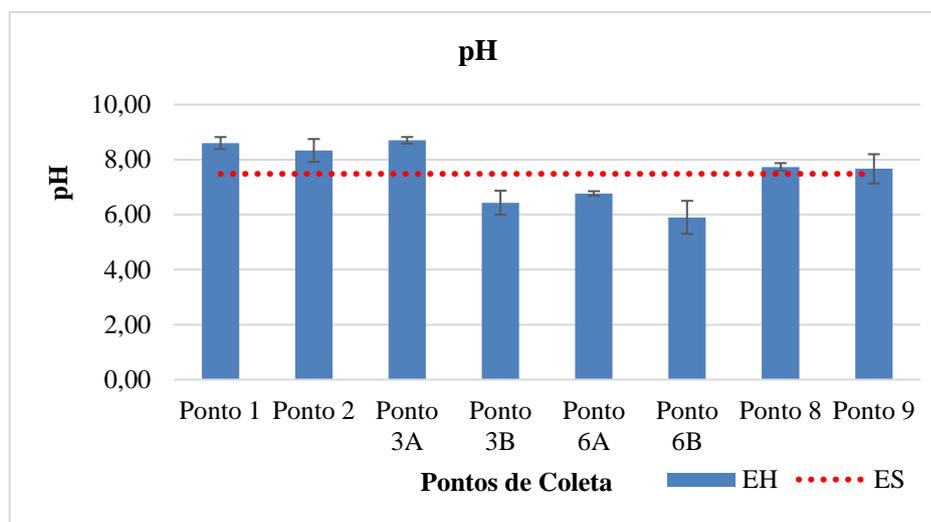
Somente dois pontos obtiveram valores significativos de Óleos e Graxas, apresentando um valor máximo de 9,0 mg/L, valor consideravelmente abaixo de 91,7 mg/L obtido para o esgoto sanitário.

A ausência da lavanderia hospitalar nos hospitais estudados contribuiu para os valores baixos de DBO, DQO, Fósforo, Óleos e Graxas e Nitrogênio amoniacal presentes no efluente; Os despejos da lavanderia contém grandes quantidades de sabão e detergentes, óleos e graxas, e apresentam uma DBO muito maior que o esgoto sanitário (BUSS; CARLO; MENEZES, 2015), como observado no trabalho de Ribeiro (2005), um hospital de mesma especialidade com serviço interno de lavanderia apresentou valores como, 89,6 mg/L para o

Fósforo total e o Nitrogênio amoniacal. Rosa et al (2002) encontrou valores elevados de Óleos e Graxas, para um hospital de mesma capacidade com lavanderia, numa faixa de 51,8 e 59,6 mg/L.

Na figura 13, está representado o valor médio obtido para o pH na análise do efluente hospitalar, e comparativamente, o valor máximo encontrado no esgoto sanitário de acordo com as referências, se encontra em linha.

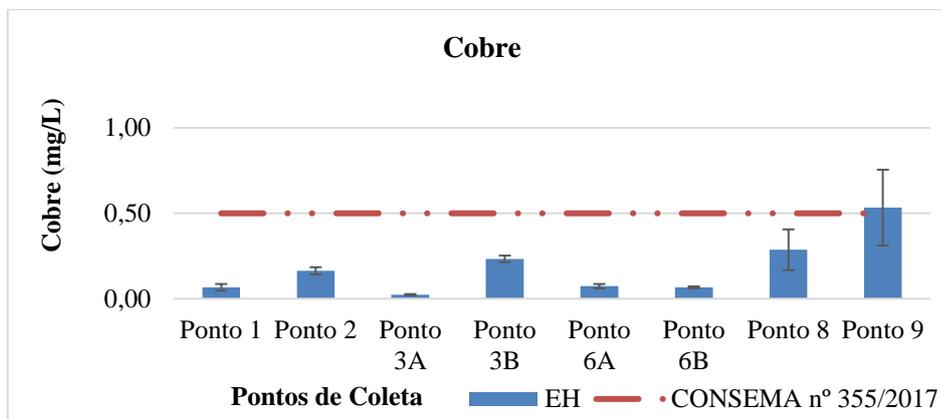
Figura 13. Caracterização do efluente hospitalar – pH.



Os valores de pH obtidos foram na faixa de 5,9 a 8,7, apresentando certa variação em comparação com o esgoto sanitário, que apresenta um valor típico de 7,0, ou seja, pH neutro. Mesmo apresentado essa variabilidade para o valor referenciado, a faixa apurada se encontra dentro do limite da legislação, que admite um pH de 6,0 a 9,0, para o lançamento em águas superficiais.

Na figura 14, os valores encontrados no efluente hospitalar para o parâmetro Cobre se encontra disposto para cada ponto de coleta, enquanto que o parâmetro de comparação, a Resolução CONSEMA n° 355/2017 se encontra em linha.

Figura 14. Caracterização do efluente hospitalar – Cobre.



Os metais analisados neste estudo apresentaram baixas concentrações para: Alumínio, Cromo total, Ferro total, Mercúrio, Chumbo, Estanho, Zinco e Selênio, com valores máximos observados de 4,4 mg/L,  $3,3 \cdot 10^{-3}$  mg/L, 5,6 mg/L,  $2,7 \cdot 10^{-4}$  mg/L,  $3,3 \cdot 10^{-3}$  mg/L,  $7 \cdot 10^{-2}$  mg/L, 0,1 mg/L,  $3 \cdot 10^{-2}$  mg/L, estando abaixo do limite imposto pela legislação para estes compostos.

O Cobre apresentou um intervalo de concentração de  $2 \cdot 10^{-2}$  a 0,53 mg/L, ligeiramente acima do estabelecido pela legislação para um dos pontos de coleta, podendo ser justificado pelo antigo sistema de tubulações utilizado no transporte do efluente hospitalar dentro das instituições (Ferro Fundido e PVC).

Os compostos Prata, Arsênio, Cádmio, Cianeto não foram detectados na análise do efluente hospitalar; A presença do níquel foi detectada, porém abaixo no limite de quantificação.

## 6 Conclusões

Os resultados apresentados possibilitaram a análise do efluente hospitalar comparativamente com o esgoto sanitário, objetivando avaliar a possibilidade de tratamento do efluente hospitalar pela estação de tratamento municipal.

Mapearam-se 10 pontos de lançamento de efluente na instituição, totalizando uma vazão de efluente de 8054,7 m<sup>3</sup>/mês e 2710,1 m<sup>3</sup>/mês, para o Hospital A e B, respectivamente. Destes, somente 8 pontos estavam disponíveis no momento da análise dos parâmetros de efluente, representando 98,1% e 100% do efluente total produzido.

As análises do efluente para os Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos, Óleos e Graxas e Fósforo, apresentaram valores similares ao encontrado no esgoto sanitário típico. Para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal, somente um ponto de coleta de efluente apresentou valor superior ao encontrado no esgoto sanitário, com uma variação de aproximadamente 40%.

Os parâmetros de DQO e DBO apresentaram valores acima do proposto para o esgoto sanitário típico para dois pontos. Estes valores devem-se, provavelmente, aos setores de origem deste efluente, produtores de quantidade significativa da matéria orgânica no hospital (UTI e Banco de Leite). Porém, como os pontos 1 e 6B possuem uma contribuição relativamente baixa no efluente total produzido para cada hospital, os efeitos de diluição são preponderantes, ou seja, no momento que o efluente chega a rede coletora de esgotos sofre uma redução dos parâmetros característicos, devido ao acréscimo na vazão de água.

Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Óleos e Graxas, DBO e DQO são parâmetros considerados problemáticos, visto que comumente apresentam valores elevados na análise do efluente hospitalar. A ausência de serviço interno de lavanderia e a segregação dos resíduos nos Hospitais A e B contribuíram para a redução destes parâmetros, resultando em média, em valores próximos ao obtido no esgoto sanitário típico.

Os parâmetros Temperatura, pH, Ferro total, Alumínio, Níquel, Cromo Total, Mercúrio, Chumbo, Estanho, Selênio e Zinco, apresentaram conformidade com a Resolução CONSEMA nº 355/2017, para o despejo de efluentes em águas superficiais. O Cobre apresentou valor excedente ao exigido pela legislação aplicada, com um valor 6% acima do permitido. Os compostos Prata, Arsênico, Cádmio e Cianeto não foram detectados nas amostras de efluente hospitalar analisadas.

## Referências

ABNT. **NBR nº 13403, de junho de 1995.** Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbncqZGFzb2x1Y2FvfGd4OjM1ZGY4YjllZTQ3MjQ3Y2U>.

ABES. **Situação do saneamento básico no Brasil: uma análise com base na PNAD 2015.,** 2016. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br>>

AMARAL, MH et al. Tendência das taxas de internação por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI): Brasil, 1998 a 2014. **Revista Ciência et Praxis**, [s. l.], v. 9, p. 43–48, 2016. Disponível em: <<http://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2270>>

ANA. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica>>

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22. ed. Washington: American Public Health Association.

AUGUSTINHO, Laudair; FERREIRA, Ana Rosa. Impactos ambientais dos efluentes líquidos hospitalares no rio Paraguai, Cáceres-MT. **Anais do IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal**, [s. l.], p. 611–612, 2004. Disponível em: <[http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/abioticos/412\\_RA-SIMPAN\\_AOKVisto.PDF](http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/abioticos/412_RA-SIMPAN_AOKVisto.PDF)>

BORGES, Coimbra et al. Evolution of the Environmental Legislation in Brazil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 447–466, 2009.

BUSS, Marta Verônica; CARLO, Jean; MENEZES, Santos. Tratamento dos Efluentes de uma Lavanderia Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 2–10, 2015. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/issue/download/75/1>>

CAMPOS, José Roberto; NETO, Cícero Onofre de Andrade. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** 1. ed. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>>

CORNELLI, Renata. **Análise e seleção de alternativas sustentáveis de esgotamento sanitário**. 2014. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000938424&loc=2014&l=a426f1fd3d1a8cf2>>

EMMANUEL, E. et al. Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: A proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 117, n. 1, p. 1–11, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389404004583>>

EMMANUEL, Evens. **Evaluation Des Risques Sanitaires Ecotoxicologiques Liés Aux Effluents Hospitaliers**. 2003. Instituto National des Sciences Appliquées de Lyon, [s. l.], 2003. Disponível em: <<http://theses.insa-lyon.fr/publication/2004ISAL0004/these.pdf>>

EPA. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. **Method 200.7**, [s. l.], v. Revision 4, p. Revision 4.4, 1994. Disponível em: <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method\\_200-7\\_rev\\_4-4\\_1994.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_200-7_rev_4-4_1994.pdf)>

EVALDT, Fátima Rosele da Silva. **Caracterização físico química de efluentes de quatro hospitais da cidade de Porto Alegre**. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4854>>

FUENTEFRIA, Daiane Bopp et al. Pseudomonas aeruginosa: Disseminação de resistência antimicrobiana em efluente hospitalar e água superficial. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], v. 41, n. 5, p. 470–473, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v41n5/a07v41n5.pdf>>

HOAG, Ludmila Sanches Andrade. **Reuso De Água Em Hospitais :O Caso do Hospital “SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE ITAJUBÁ”**. 2008. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ, [s. l.], 2008. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0033481.pdf>>

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PÊSSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KÜMMERER, Klaus. Drugs in the environment: Emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - A review.

**Chemosphere**, [s. l.], v. 45, n. 6–7, p. 957–969, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653501001448>>

RIBEIRO, Lena Maris Mazzotti. **Avaliação quanto a carga poluidora dos efluentes líquidos de quatro hospitais de diferentes especialidades no município de Porto Alegre**. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4858>>

RODRIGUES, Roger Augusto. **A Influência Do Esgoto Doméstico Como Fluido De Saturação No Colapso De Um Solo Arenoso**. 2003. Universidade Estadual Paulista, [s. l.], 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90741>>

ROSA, Alba Maria Ferreira La et al. Vi-037 - gestão de efluentes de serviços de saúde em porto alegre. **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], n. 1, p. 1–13, 2002.

SAÚDE, Conselho Nacional De. **Dados Do Setor**, 2018. Disponível em: <[http://www.cns.org.br/links/DADOS\\_DO\\_SETOR.htm](http://www.cns.org.br/links/DADOS_DO_SETOR.htm)>

SILVA, Dany Geraldo Kramer Cavalcanti e; MACÊDO, Rayana Garcia; LADCHUMANANANDASIVAM, Rasiah. Caracterização físico-química e microbiológica de efluente hospitalar na Região Metropolitana do Natal - RN - Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 11, p. 205–210, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/500/50021097023/>>

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016. In: **Dados**. [s.l: s.n.]. v. 19p. 1–7.

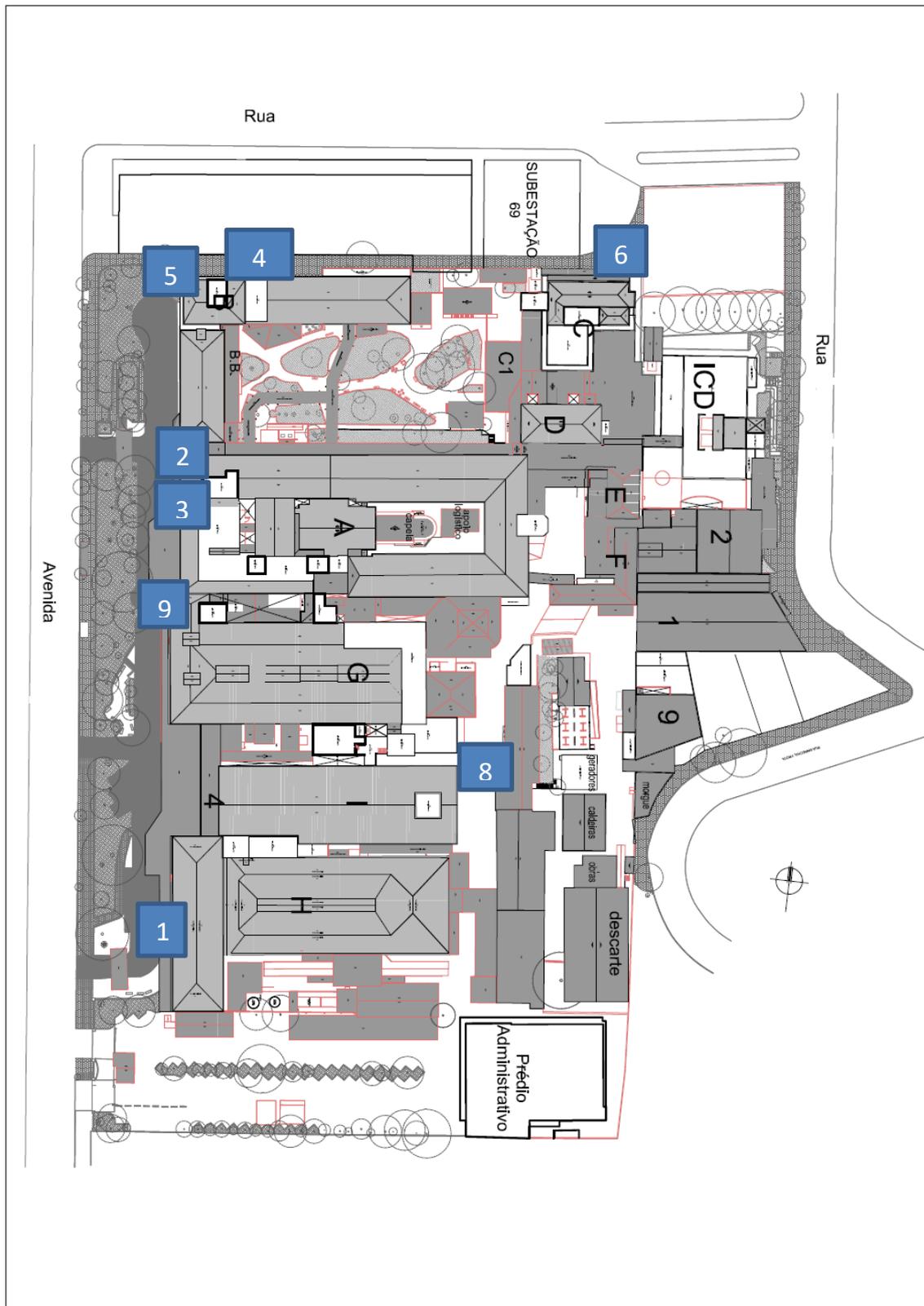
VECCHIA, A. D. et al. Diagnóstico sobre a Situação do Tratamento do Esgoto Hospitalar no Brasil. **Revista Saúde e Ambiente**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 65–70, 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_Spilki/publication/254201041\\_DIAN%27OSTICO\\_SOBRE\\_A\\_SITUAcCAO\\_DO\\_TRATAMENTO\\_DO\\_ESGOTO\\_HOSPITALAR\\_NO\\_BRASIL/links/558956ba08ae6d4f27eabfc3/DIANOSTICO-SOBRE-A-SITUAcCAO-DO-TRATAMENTO-DO-ESGOTO-HOSPITALAR-NO-BRASI](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Spilki/publication/254201041_DIAN%27OSTICO_SOBRE_A_SITUAcCAO_DO_TRATAMENTO_DO_ESGOTO_HOSPITALAR_NO_BRASIL/links/558956ba08ae6d4f27eabfc3/DIANOSTICO-SOBRE-A-SITUAcCAO-DO-TRATAMENTO-DO-ESGOTO-HOSPITALAR-NO-BRASI)>

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte. v. I Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC>>

## Apêndices

### APÊNDICE A – Demarcação dos locais de coleta de efluente Hospital A e B.

Figura A15. Planta superior dos hospitais em estudo com a demarcação dos pontos de coleta.



## APÊNDICE B – Pontos de coleta de efluentes.

Figura A16. Ponto de coleta 1.



Figura A17. Ponto de coleta 2.



Figura A18. Ponto de coleta 3A.



Figura A19. Ponto de coleta 3B.



Figura A20. Ponto de coleta 4.



Figura A21. Ponto de coleta 5.



Figura A22. Ponto de coleta 6A e 6B.



Figura A23. Ponto de coleta 8.



Figura A24. Ponto de coleta 9.



**APÊNDICE C –** Curvas características de vazão para cada ponto de lançamento de efluente.

Figura A25. Curva característica de vazão no ponto 1.

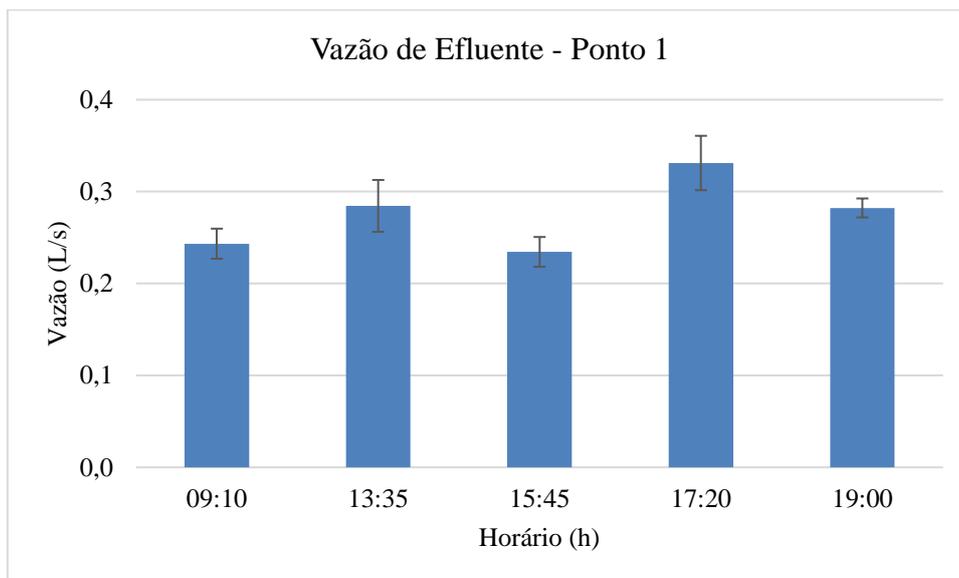


Figura A26. Curva característica de vazão no ponto 2.

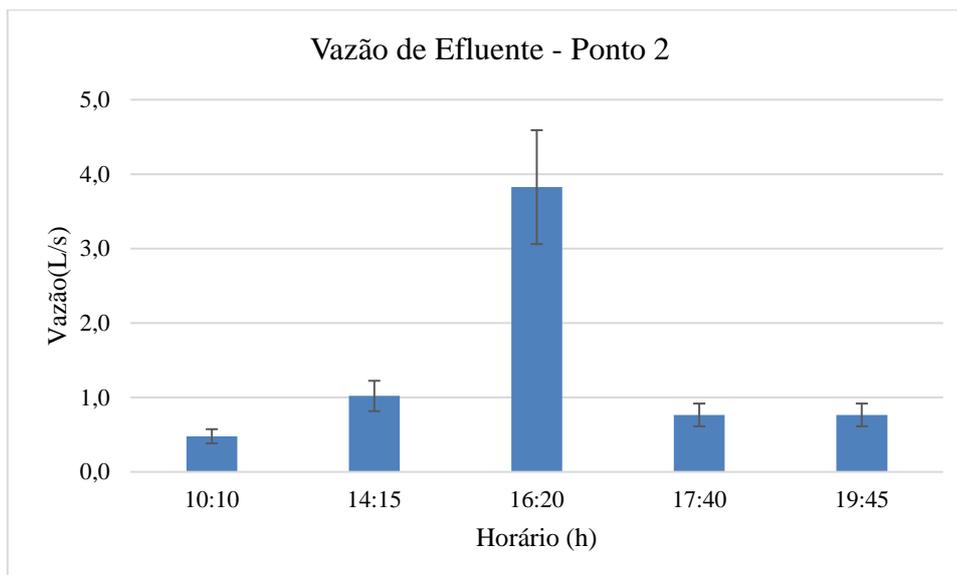


Figura A27. Curva Característica de vazão no ponto 3A.

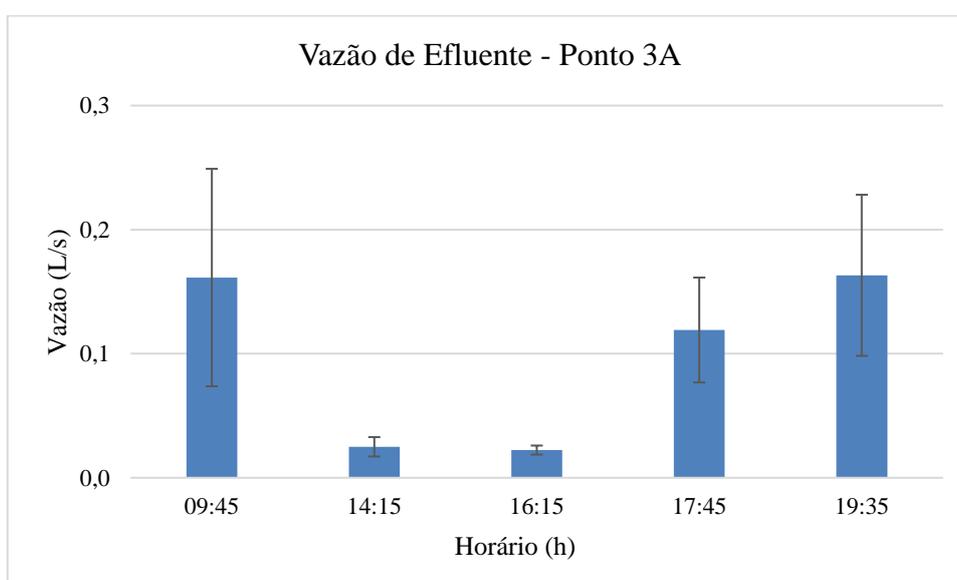


Figura A28. Curva característica de vazão no ponto 3B.

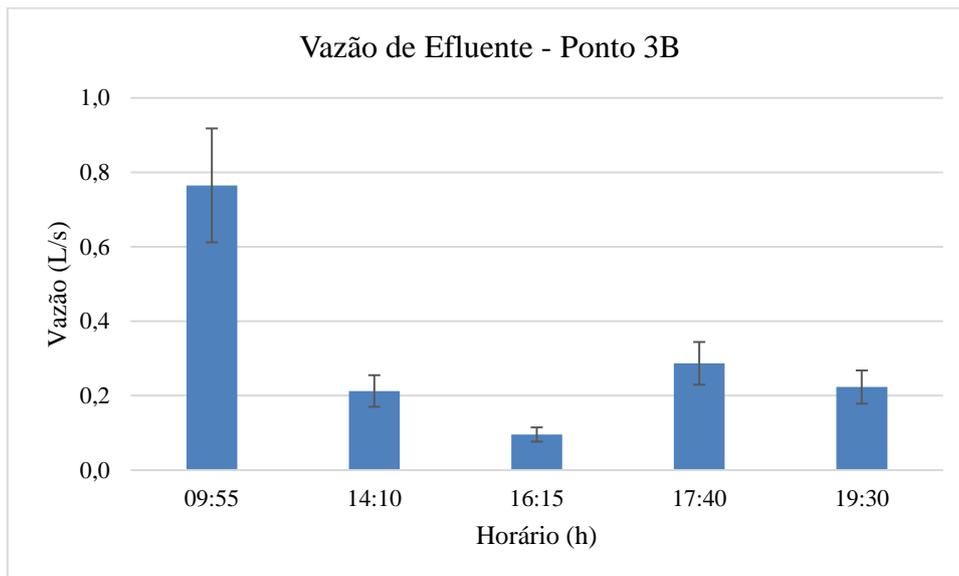


Figura A29. Curva característica de vazão no ponto 6A.

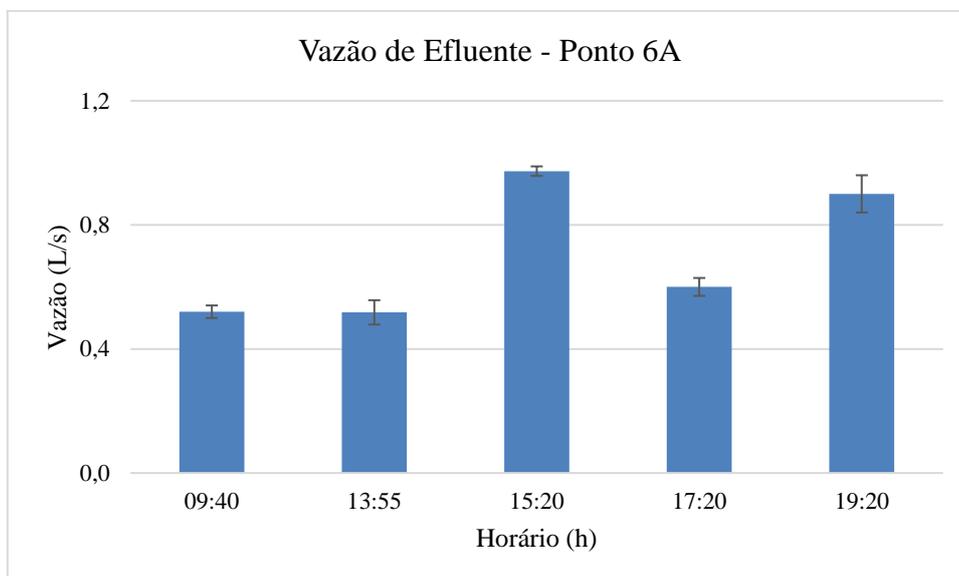


Figura A30. Curva característica de vazão no ponto 6B.

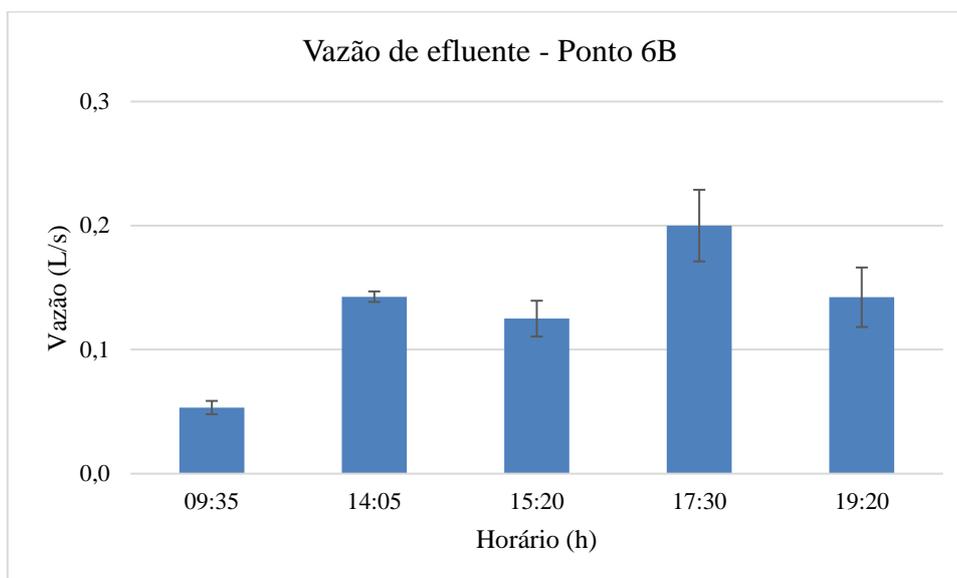


Figura A31. Curva característica de vazão no ponto 8.

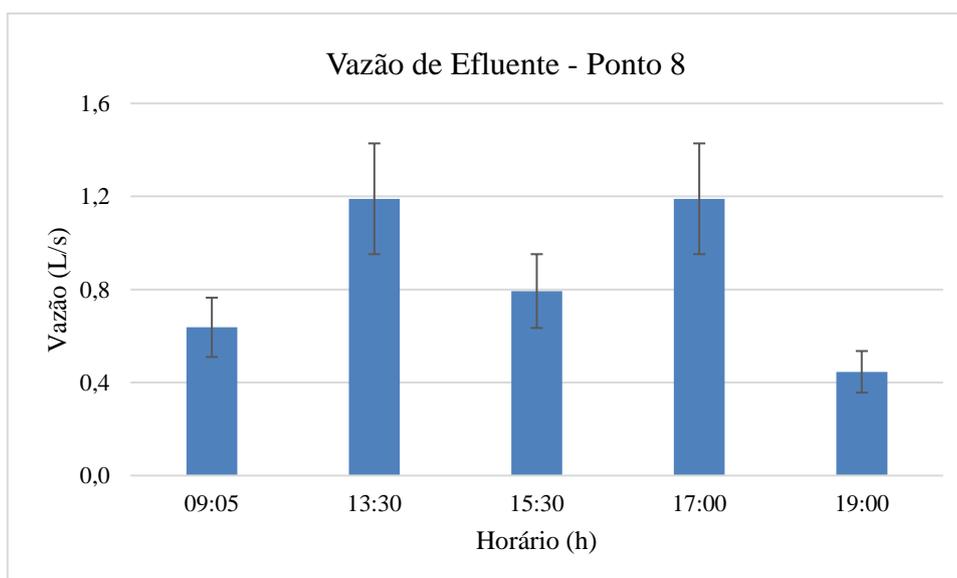
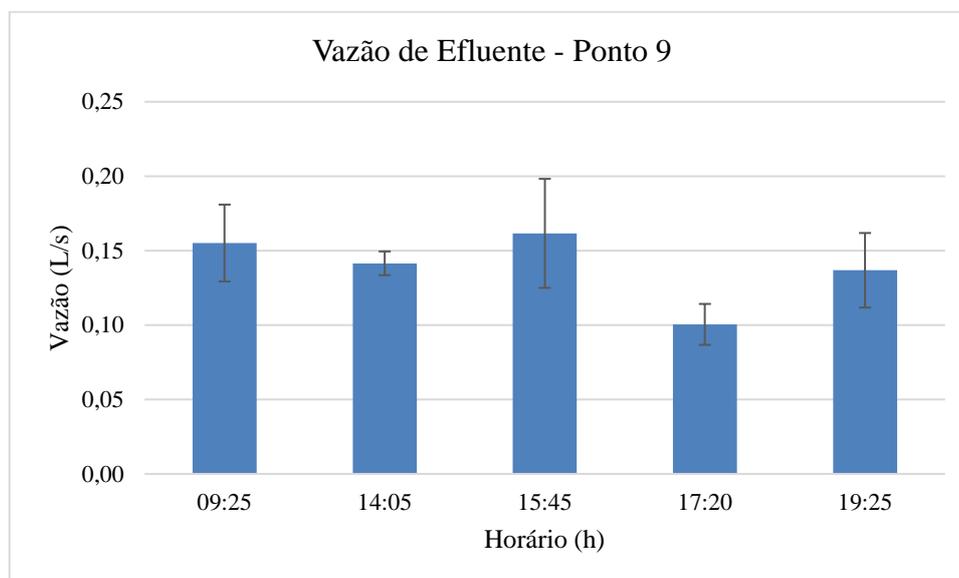


Figura A32. Curva característica de vazão no ponto 9.



**APÊNDICE D** – Resultados obtidos na caracterização dos pontos de coleta de efluente.

Tabela A15. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 1.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P1</b>
<i>Temperatura</i>	°C	26,00	26,00	26,00	26,00
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	3,00	2,10	1,00	2,03
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	164,00	67,00	67,00	99,33
<i>DBO520°C</i>	mg/L	895,00	784,00	331,00	670,00
<i>DQO</i>	mg/L	1916,80	1647,20	693,20	1419,07
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		8,50	8,00	9,30	8,60
<i>NH3</i>	mg/L	39,94	21,40	39,16	33,50
<i>P (total)</i>	mg/L	10,69	8,74	12,57	10,67
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	3,60	0,10	0,70	1,47
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	0,01	3,33E-03
<i>Cu</i>	mg/L	0,10	ND	0,10	0,07
<i>Fe (total)</i>	mg/L	4,20	0,30	1,30	1,93
<i>Hg</i>	mg/L	1,00E-04	ND	4,00E-04	1,67E-04
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,10	0,09	0,10	0,10
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A16. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 2.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P2</b>
<i>Temperatura</i>	°C	24,50	26,00	27,00	25,83
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	8,40	6,30	1,00	5,23
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	240,00	270,00	95,00	201,67
<i>DBO<sub>5</sub>20°C</i>	mg/L	262,00	361,00	147,00	256,67
<i>DQO</i>	mg/L	591,40	772,80	319,80	561,33
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		9,00	6,90	9,10	8,33
<i>NH<sub>3</sub></i>	mg/L	28,53	33,53	18,08	26,71
<i>P (total)</i>	mg/L	23,09	13,14	8,07	14,77
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	6,60	5,70	0,80	4,37
<i>As*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)*</i>	mg/L	ND	ND	0,01	1,67E-03
<i>Cu*</i>	mg/L	0,09	0,20	0,20	0,16
<i>Fe (total)</i>	mg/L	7,00	8,70	1,00	5,57
<i>Hg*</i>	mg/L	0,00	0,00	0,00	2,67E-04
<i>Ni</i>	mg/L	ND	#	ND	ND
<i>Pb*</i>	mg/L	ND	0,01	nd	3,33E-03
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,10	0,10	0,07	0,09
<i>Se*</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A17. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 3A.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P3A</b>
<i>Temperatura</i>	°C	22,00	22,00	18,00	20,67
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	8,70	ND	ND	2,90
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	33,00	26,00	ND	19,67
<i>DBO<sub>5</sub>20°C</i>	mg/L	229,00	56,00	188,00	157,67
<i>DQO</i>	mg/L	491,40	132,20	412,60	345,40
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		8,80	9,00	8,30	8,70
<i>NH<sub>3</sub></i>	mg/L	20,69	22,11	27,48	23,43
<i>P (total)</i>	mg/L	5,45	4,74	7,71	5,97
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,20	0,04	0,05	0,10
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cu</i>	mg/L	0,03	0,01	0,03	0,02
<i>Fe (total)</i>	mg/L	0,10	0,05	0,10	0,08
<i>Hg</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,04	0,03	0,09	0,05
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A18. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 3B.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P3B</b>
<i>Temperatura</i>	°C	24,00	22,80	19,10	21,97
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	1,10	21,40	2,50	8,33
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	92,00	680,00	50,00	274,00
<i>DBO520°C</i>	mg/L	201,00	501,00	498,00	400,00
<i>DQO</i>	mg/L	456,80	1067,60	1062,50	862,30
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		6,50	5,10	7,70	6,43
<i>NH3</i>	mg/L	17,83	31,39	24,59	24,60
<i>P (total)</i>	mg/L	3,73	9,78	11,25	8,25
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,40	0,70	0,50	0,53
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cu</i>	mg/L	0,20	0,20	0,30	0,23
<i>Fe (total)</i>	mg/L	0,60	1,00	0,70	0,77
<i>Hg</i>	mg/L	ND	0,00	0,00	0,00
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,03	0,10	0,10	0,08
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A19. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 6A.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P6A</b>
<i>Temperatura</i>	°C	27,50	33,00	32,00	30,83
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	0,10	0,20	1,00	0,43
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	15,00	5,00	23,00	14,33
<i>DBO520°C</i>	mg/L	105,00	38,00	25,00	56,00
<i>DQO</i>	mg/L	138,70	81,30	57,80	92,60
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		6,50	6,80	7,00	6,77
<i>NH3</i>	mg/L	12,13	4,57	5,78	7,49
<i>P (total)</i>	mg/L	3,18	1,41	0,95	1,85
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,10	0,04	0,09	0,08
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	0,01	3,33E-03
<i>Cu</i>	mg/L	0,09	0,03	0,10	0,07
<i>Fe (total)</i>	mg/L	0,20	0,10	0,20	0,17
<i>Hg</i>	mg/L	0,00	ND	ND	3,33E-05
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	0,20	0,07
<i>Zn</i>	mg/L	0,03	0,01	0,03	0,02
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A20. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 6B.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P6B</b>
<i>Temperatura</i>	°C	24,00	16,00	28,00	22,67
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	21,00	ND	0,20	7,07
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	990,00	15,00	ND	335,00
<i>DBO520°C</i>	mg/L	2603,00	112,00	78,00	931,00
<i>DQO</i>	mg/L	5403,90	260,30	167,10	1943,77
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		3,90	7,40	6,40	5,90
<i>NH3</i>	mg/L	22,83	29,06	11,57	21,15
<i>P (total)</i>	mg/L	15,15	7,34	3,07	8,52
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,01	0,07	0,04	0,04
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	0,01	0,00
<i>Cu</i>	mg/L	0,08	0,07	0,05	0,07
<i>Fe (total)</i>	mg/L	1,00	1,10	2,40	1,50
<i>Hg</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,05	0,07	0,04	0,05
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND

Tabela A21. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 8.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P8</b>
<i>Temperatura</i>	°C	22,00	24,00	24,00	23,33
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	1,00	1,70	0,80	1,17
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	240,00	175,00	173,00	196,00
<i>DBO520°C</i>	mg/L	251,00	214,00	338,00	267,67
<i>DQO</i>	mg/L	560,80	457,60	701,50	573,30
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	27,00	#	#	9,00
<i>pH</i>		8,20	7,60	7,40	7,73
<i>NH3</i>	mg/L	52,78	48,50	32,54	44,61
<i>P (total)</i>	mg/L	11,88	26,34	8,98	15,73
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,20	0,10	0,50	0,27
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	ND	ND	0,01	2,67E-03
<i>Cu</i>	mg/L	0,70	0,06	0,10	0,29
<i>Fe (total)</i>	mg/L	0,30	0,30	0,40	0,33
<i>Hg</i>	mg/L	0,00	ND	ND	6,67E-05
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,10	0,08	0,10	0,09
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	0,10	0,03

Tabela A22. Resultados dos laudos das análises realizados no Ponto 9.

<i>Parâmetros</i>	<b>Unidade</b>	<b>08/05/2018</b>	<b>10/05/2018</b>	<b>14/05/2018</b>	<b>Média P9</b>
<i>Temperatura</i>	°C	26,0	29,0	28,0	27,7
<i>Sólidos sedimentáveis</i>	mL/L	0,2	ND	2,2	0,8
<i>Sólidos Suspensos</i>	mg/L	45,0	15,0	60,0	40,0
<i>DBO520°C</i>	mg/L	93,0	62,0	141,0	98,7
<i>DQO</i>	mg/L	210,0	142,4	301,2	217,9
<i>Óleos e graxas mineral</i>	mg/L	#	#	#	#
<i>pH</i>		6,8	6,7	9,5	7,7
<i>NH3</i>	mg/L	25,0	21,4	39,1	28,5
<i>P (total)</i>	mg/L	4,5	4,2	11,1	6,6
<i>Ag</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Al</i>	mg/L	0,2	0,1	0,3	0,2
<i>As</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cd</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cianeto</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Cr (total)</i>	mg/L	0,0	ND	0,0	0,01
<i>Cu</i>	mg/L	1,3	0,2	0,1	0,5
<i>Fe (total)</i>	mg/L	0,3	0,2	0,3	0,3
<i>Hg</i>	mg/L	ND	ND	0,0	3,00E-04
<i>Ni</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Pb</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Sn</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND
<i>Zn</i>	mg/L	0,1	0,0	0,1	0,1
<i>Se</i>	mg/L	ND	ND	ND	ND