

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**LAIANE CLÁDILA DE LIMA GILIO TI**

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE REUSO DE ÁGUA EM LAVANDERIA  
HOSPITALAR**

Ilha Solteira  
2020

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL EM GESTÃO  
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS- PROFÁGUA**

**LAIANE CLÁDILA DE LIMA GILIOTI**

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE REUSO DE ÁGUA DE LAVANDERIA  
HOSPITALAR**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos- ProfÁgua.

Prof. Dr. Maurício Augusto Leite  
**Orientador**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G474a Gilioti, Laiane Cládila de Lima.  
Avaliação da viabilidade de reuso de água em lavanderia hospitalar / Laiane Cládila de Lima Gilioti. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020  
172 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2020

Orientador: Mauricio Augusto Leite  
Inclui bibliografia

1. Água cinza. 2. Valas de infiltração. 3. Recarga de aquífero. 4. Reuso de água.

  
Raiane da Silva Santos

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO REÚSO DA ÁGUA EM LAVANDERIA HOSPITALAR

**AUTORA: LAIANE CLADILA DE LIMA GILIOTI**

**ORIENTADOR: MAURICIO AUGUSTO LEITE**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, área: Regulação e Governança de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MAURICIO AUGUSTO LEITE

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

JOSE CARLOS  
MIERZWA:049  
43059830

Assinado de forma  
digital por JOSE CARLOS  
MIERZWA:04943059830  
Dados: 2020.08.24  
12:44:11 -03'00'

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS MIERZWA

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental / Escola Politécnica da USP



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ANA SILVIA PEREIRA SANTOS

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA) / Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Ilha Solteira, 21 de agosto de 2020

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela misericórdia.

E aos meus pais Claudenilson Pereira de Lima e Lidia do Nascimento Silva pela formação do meu caráter, educação e cultura.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me capacitar e sempre me dar forças para alcançar a realização deste sonho.

Aos meus pais, pelos gestos de amor e paciência para comigo.

Ao meu esposo Natanael Trindade Gilioi, que compartilhou dos meus ideais, entendendo os momentos de ausência, e concordando em dividir nosso tempo com os compromissos.

Aos meus irmãos Lidiane e Leonardo, a quem devo gratidão por me substituir em diversas atividades neste caminhar.

Aos Professores e membros do mestrado ProfÁgua, em especial meu coordenador Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira pelas oportunidades de aprendizado, empenho e conteúdo intelectual.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Augusto Leite, fundamental na minha capacitação, por ter acreditado no meu potencial e oferecer seus sábios conselhos e ensinamentos. Um muito obrigada decoração!

A Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis, por ter me incentivado neste estudo de caso.

Aos meus queridos amigos: Ana, Tiago Santos, Tiago Souza e Gisele, pelo carinho e estímulo nas horas de cansaço.

Às meninas que conheci durante essa jornada, Halana Bressan de Oliveira e Laíne Garcia de Oliveira. Vocês foram essenciais para trilhar os períodos fora de casa e pelo auxílio nas tarefas realizadas durante o curso.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015 pelo apoio técnico-científico.

E a todas as pessoas que contribuíram de alguma maneira no direcionamento dos meus estudos e carreira, sempre estando do meu lado qual fosse à ocasião.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém ainda pensou, sobre  
aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

## RESUMO

A prática do reuso de águas vem sendo difundida como um instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos, na tentativa de estimular a conscientização a respeito do melhor aproveitamento, bem como reduzir a pressão da crescente demanda por água. Embora muitas ações estão sendo tomadas no desenvolvimento de técnicas sustentáveis, atualmente o Brasil enfrenta uma crise de abastecimento de água potável nos centros urbanos e exploração elevada, em algumas bacias hidrográficas, inclusive dos recursos subterrâneos. Nesse contexto, vê-se a necessidade do reaproveitamento de água nos diversos setores institucionais. O estudo desenvolvido na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis - SP, localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 15, teve como objetivo avaliar o potencial de reuso indireto das águas cinza geradas na lavanderia para infiltração no solo e recarga de aquífero. As águas cinza foram avaliadas física, química e microbiologicamente com base nas Resoluções Conjunta SES/SIMA Nº01 de 13 de Fevereiro de 2020, SVDS/SMS Nº09/2014 e na portaria de Consolidação nº05/2014, sendo o potencial de infiltração no solo avaliado por meio de valas de infiltração. O consumo de água na lavanderia é de 1.014,0 m<sup>3</sup>/mês (água subterrânea) e destes, 392,4 m<sup>3</sup>/mês foram considerados como águas cinza potencialmente em condições de reuso. Os resultados demonstraram que os parâmetros que apresentaram valores próximos ou acima da Portaria foram: Amônia, Cloro Residual, Turbidez, DBO, DQO, Sólidos suspensos, Sólidos totais, Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Para tanto foi proposto um sistema de filtração com cloração e com base nos menores valores de infiltração no solo (37,0 L/m<sup>2</sup>.dia) determinou-se o potencial reuso indireto de 13,0 m<sup>3</sup>/dia. Conclui-se que há potencial de infiltração de águas cinzas provenientes de lavanderia hospitalar que podem levar a uma recarga de aquífero, contribuindo com a gestão dos recursos hídricos, além da possibilidade de trazer benefícios à bacia hidrográfica. O produto desta dissertação resultou na produção de um manual com orientações técnicas para divulgação do modelo proposto e a possibilidade de aplicação em outras Instituições.

**Palavras-chave:** Água cinza. Valas de infiltração. Recarga de aquífero. Reuso de Água.

## ABSTRACT

The practice of reusing graywater has been widespread as an additional tool for the management of water resources, in an attempt to stimulate awareness about the maximum use, as well as to reduce the pressure of the growing water demand. Although many actions are being taken in the development of sustainable techniques, Brazil currently faces a crisis in the supply of drinking water in urban centers and increased exploitation, in some watershed, of groundwater. In this context, there is a need to reuse water in the various institutional sectors. The study was carried out at Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis - SP, located at the Water Resources Management Unit 15, aimed to assess the potential for reusing graywater generated in the laundry for infiltration into the soil and aquifer recharge. The graywaters were evaluated physically, chemically, and microbiologically based on Consolidation Ordinance Nº.5, with the potential for infiltration into the soil assessed through infiltration ditches, according to NBR 13.969/97. The consumption of water in the laundry is 1,014.0 m<sup>3</sup>/month (groundwater) and of these, 392.4 m<sup>3</sup>/month was considered as graywater potentially in conditions of reuse. The results showed that the parameters that presented values close to or above the Ordinance were: Ammonia, Residual Chlorine, Turbidity, BOD, COD, Suspended solids, Total solids, Thermotolerant coliforms, and *Escherichia coli*. A filtration system with chlorination has been proposed to make reuse of infiltration possible. Based on the lowest soil infiltration values (37.0 L/m<sup>2</sup>.day), the potential reuse of 13.0 m<sup>3</sup>/day was determined. A manual with technical guidelines were produced for dissemination and the possibility of application in other institutions. It is concluded that the potential for reusing graywaters is possible in the hospital laundry, contributing to the management of water resources, in addition to the possibility of bringing benefits to the watershed.

**Keywords:** Graywater. Infiltration ditches. Aquifer recharge. Water reuse.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Reuso agrícola, urbano e industrial.....	26
<b>Figura 2</b>	- Reuso Potável Indireto.....	33
<b>Figura 3</b>	- Unidade AquaPolo.....	35
<b>Figura 4</b>	- Caminhão com água de reuso para rega de jardins.....	35
<b>Figura 5</b>	- Águas cinza.....	45
<b>Figura 6</b>	- Fluxograma do processamento das roupas hospitalares.....	48
<b>Figura 7</b>	- Compostos para em Higienização de roupa hospitalar.....	48
<b>Figura 8</b>	- Etapas de Lavagem.....	50
<b>Figura 9</b>	- Modelo do sistema com filtro de areia.....	57
<b>Figura 10</b>	- Sistema de filtração por membrana.....	58
<b>Figura 11</b>	- Esquema dos sistemas de filtração.....	59
<b>Figura 12</b>	- Ciclo hidrológico.....	62
<b>Figura 13</b>	- Métodos de recarga artificial.....	66
<b>Figura 14</b>	- Sistema das valas de infiltração.....	68
<b>Figura 15</b>	- Teste de Infiltração.....	70
<b>Figura 16</b>	- Fluxograma do trabalho.....	74
<b>Figura 17</b>	- Localização do município na UGRHI 15 e no Estado de São Paulo.....	75
<b>Figura 18</b>	- Captações Subterrâneas na UGRHI 15.....	76
<b>Figura 19</b>	- Outorgas na Bacia Turvo Grande.....	77
<b>Figura 20</b>	- Entrada para Pronto Socorro (esq.) e Entrada Principal (dir) na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	78
<b>Figura 21</b>	- Poços artesianos 1 e 2 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	79
<b>Figura 22</b>	- Entrada Lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	80
<b>Figura 23</b>	- Carrinho Hamper para coleta de roupas da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	80
<b>Figura 24</b>	- Caixa para separação de roupas e balança da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	81
<b>Figura 25</b>	- Lavadora Extratora Suzuki (esquerda) e lavadora Industrial	

	(direita) da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	82
<b>Figura 26</b>	- Bomba dosadora e produtos usados na lavagem na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	85
<b>Figura 27</b>	- Recepção de roupas lavadas, Centrífuga e Secagem na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	86
<b>Figura 28</b>	- Coleta de efluente para amostragem na Santa Casa de Fernandópolis.....	88
<b>Figura 29</b>	- Esquema da obtenção da amostra padrão de água cinza na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	89
<b>Figura 30</b>	- Pontos dos testes de infiltração e distância dos Poços.....	94
<b>Figura 31</b>	- Fluxograma do Sistema para reuso indireto na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	104
<b>Figura 32</b>	- Teste de infiltração 1 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	105
<b>Figura 33</b>	- Teste de infiltração 2 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	105
<b>Figura 34</b>	- Teste de infiltração 2 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	106
<b>Figura 35</b>	- Determinação do tempo de infiltração de 1 cm de água na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	106
<b>Figura 36</b>	- Esquema de instalação das valas de infiltração na Santa Casa de misericórdia de Fernandópolis.....	111
<b>Figura 37</b>	- Estacionamento da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	112
<b>Figura 38</b>	- Vista aérea, frontal da área de instalação do sistema de tratamento na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis	113
<b>Figura 39</b>	- Esquema do sistema de tratamento de águas cinza na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	113
<b>Figura 40</b>	- Modelo de tanque de armazenamento na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	114
<b>Figura 41</b>	- Estrutura do tanque de filtração na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	115
<b>Figura 42</b>	- Estrutura do sistema de desinfecção na Santa Casa de	

	Misericórdia de Fernandópolis.....	115
<b>Figura 43</b>	- Modelo de ETE piloto na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	116
<b>Figura 44</b>	- Seção Geológica esquemática (Sudeste-Nordeste do Estado de São Paulo).....	117

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	- Exemplos de reuso de água no mundo.....	27
<b>Quadro 2</b>	- Elementos essenciais no planejamento de reuso de água em espaço urbano.....	31
<b>Quadro 3</b>	- Padrões de qualidade e do monitoramento.....	39
<b>Quadro 4</b>	- Análises laboratoriais e frequência de monitoramento.....	40
<b>Quadro 5</b>	- Parâmetros de reuso por modalidades de aplicação.....	42
<b>Quadro 6</b>	- Padrões de qualidade destinado ao reuso de Classe A e B...	44
<b>Quadro 7</b>	- Parâmetros recomendados para água de lavagem de roupas hospitalares.....	51
<b>Quadro 8</b>	- Potenciais composto nos Efluentes Gerados no Hospital.....	53
<b>Quadro 9</b>	- Características do efluente de lavanderias industriais.....	54
<b>Quadro 10</b>	- Parâmetros do Efluente de Lavanderia Hospitalar em Portugal.....	54
<b>Quadro 11</b>	- Classificação dos tipos de tratamento de Efluentes	56
<b>Quadro 12</b>	- Processo de Filtração.....	59
<b>Quadro 13</b>	- Classificação dos Materiais Filtrantes.....	60
<b>Quadro 14</b>	- Disponibilidade Hídrica na UGRHI 15.....	77
<b>Quadro 15</b>	- Processo de lavagem leve na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	83
<b>Quadro 16</b>	- Processo de lavagem Pesada na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	83
<b>Quadro 17</b>	- Processo de lavagem Super Pesada Branco na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	84
<b>Quadro 18</b>	- Sanitizantes têxtil hospitalar.....	85
<b>Quadro 19</b>	- Quantidade de roupas lavadas por setores, em setembro de 2019 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	87
<b>Quadro 20</b>	- Quantidade de processos de lavados diariamente e estimativa do consumo de água mensal na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	87
<b>Quadro 21</b>	- Processo de lavagem Leve.....	89

<b>Quadro 22</b>	- Ciclo de lavagem Pesada Verde.....	90
<b>Quadro 23</b>	- Ciclo de lavagem Super Pesada Branca.....	91
<b>Quadro 24</b>	Parâmetros para análise do efluente segundo portaria de Potabilidade e de reuso.....	92
<b>Quadro 25</b>	- Características físicas e químicas dos efluentes nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	96
<b>Quadro 26</b>	- Valores de metais dos efluentes gerados nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	100
<b>Quadro 27</b>	- Características dos íons efluentes nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	101
<b>Quadro 28</b>	- Características microbiológicas dos efluentes gerados na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis	102
<b>Quadro 29</b>	- Dimensionamento de águas cinza geradas na lavanderia na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis	104
<b>Quadro 30</b>	- Medições do teste de infiltração na Santa Casa de Misericórdia em Fernandópolis.....	107
<b>Quadro 31</b>	- Classificação do tipo de solo.....	108
<b>Quadro 32</b>	- Resultado dos testes, com as áreas de infiltração na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	110
<b>Quadro 33</b>	- Vazão L/s de operação do sistema com a infiltração de 37,40 L/m <sup>2</sup> /dia na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	110
<b>Quadro 34</b>	- Dados dos poços subterrâneos da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.....	118

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AME	Ambulatório Médico Especializado
AOX	Organo-Halogenados Adsorvíveis
AQRM	Análise Quantitativa de Risco Microbiológico
C.C	Centro Cirúrgico
CEVS	Cadastro Estadual de Vigilância Sanitária
CO	Centro Obstétrico
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPTI	Cooperativa de serviços de Pesquisas Técnicas e Industriais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ECO	Ecocardiograma
EPA	United States Environmental
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IACOR	Instituto Avançado do Coração
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
P.S	Pronto Socorro
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
RS	Ressonância
SES	Secretaria de Estado da Saúde
SND	Serviço de Nutrição e Dietética
SNVDS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
SMA	Secretaria de Meio Ambiente

SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos
SVDS	Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SUS	Sistema Único de Saúde
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UTI	Unidade Tratamento Intensivo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	20
1.2	OBJETIVO GERAL.....	22
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1	REUSO DE ÁGUA.....	23
2.2	CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE REUSO DE ÁGUA.....	30
<b>2.2.1</b>	<b>Reuso Potável.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Reuso Não Potável.....</b>	<b>33</b>
2.3	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA REUSO DA ÁGUA.....	37
<b>2.3.1</b>	<b>Conselho Nacional de Recursos Hídricos.....</b>	<b>37</b>
2.4	LEGISLAÇÃO ESTADUAL PARA REUSO DE ÁGUA – SÃO PAULO E CEARÁ .....	38
<b>2.4.1</b>	<b>Estado de São Paulo.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Estado do Ceará.....</b>	<b>40</b>
2.5	LEGISLAÇÃO MUNICIPAL PARA REUSO DE ÁGUA – CAMPINAS E GUARUJÁ.....	43
2.6	ÁGUAS CINZA.....	44
2.7	A LAVANDERIA HOSPITALAR.....	47
2.8	HIGIENE TÊXTIL HOSPITALAR.....	48
2.9	EFLUENTE HOSPITALAR.....	52
2.10	TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA.....	55
2.11	FILTRAÇÃO.....	57
2.11.1	<b>Classificação do Processo de Filtração.....</b>	<b>59</b>
2.11.2	<b>Materiais Filtrantes.....</b>	<b>59</b>
2.12	DESINFECÇÃO.....	60
2.13	CORREÇÃO DE pH.....	61
2.14	RECARGA NATURAL.....	61
2.15	RECARGA ARTIFICIAL.....	63
<b>2.15.1</b>	<b>Recarga de Aquíferos - Resolução CNRH nº 153/2013.....</b>	<b>64</b>

2.16	MÉTODOS DE RECARGA ARTIFICIAL.....	65
2.16.1	Poços de injeção.....	66
2.16.2	Infiltração por bacias ou canais de infiltração.....	67
2.16.3	Valas de infiltração.....	67
2.16.3.1	<i>Dimensionamento das valas de Infiltração</i> .....	69
2.16.4	Tratamento solo aquífero – TSA.....	72
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>74</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	75
3.1.1	Santa Casa de Misericórdia.....	78
3.1.1.1	<i>Lavanderia da Santa Casa</i> .....	79
3.1.1.2	<i>Processos de lavagem e consumo de água na lavanderia</i> .....	82
3.1.1.3	<i>Consumo de água mensal na lavanderia</i> .....	86
3.1.1.4	<i>Caracterização das águas cinzas geradas na Lavanderia Hospitalar</i> .....	88
3.2	DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE INFILTRAÇÃO.....	93
3.2.1	Teste de infiltração <i>in Loco</i> .....	93
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>95</b>
4.1	PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO (Infiltração) .....	103
4.1.1	<b>Dimensionamento da área do campo de absorção da vala</b> .....	103
4.2	DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	112
4.3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	112
4.3.1	<b>Tanque de Armazenamento</b> .....	114
4.3.2	<b>Sistema de Filtração</b> .....	114
4.3.3	<b>Sistema de Desinfecção</b> .....	115
4.3.4	<b>Recarga de Aquífero</b> .....	116
4.3.5	<b>Dados referentes aos poços</b> .....	117
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>119</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>121</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO A – Laudo das análises do efluente.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO B – Manual de Orientação para o reuso de água cinza no setor hospitalar .....</b>	<b>143</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de água como um recurso ilimitado desenvolveu-se ao longo dos anos no Brasil. Esse fenômeno foi acompanhado de uma percepção de abundância de água no território brasileiro, construindo uma cultura de desperdício. Entretanto, nem todas as regiões brasileiras convivem com uma disponibilidade de água privilegiada, como, por exemplo, o semiárido no nordeste, somado às deficiências de infraestrutura, tem acesso limitado a este recurso (INTERÁGUAS, 2018; MEJIA; MELO; SANTOS, 2019).

Diante desse cenário, a qualidade e disponibilidade de água nas bacias hidrográficas, em relação ao crescente consumo, tem resultado em escassez nos espaços urbanos e conflitos pelos usos múltiplos. Ao mesmo tempo, a extração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos cada vez mais, tem gerado grandes volumes de efluentes (GOMES; BARBIERI, 2004).

Hoje, os desafios de preservação estão ligados ao esgotamento das águas superficiais e subterrâneas, principalmente em função do uso indiscriminado. Rubim (2014) menciona que quando este consumo de água subterrânea é elevado podem ocorrer três principais problemas: exaustão do aquífero, contaminação das fontes de abastecimento acima ou abaixo das áreas de captação e afundamento lento da superfície (subsidência de terrenos).

Na região noroeste do Estado de São Paulo, na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do Turvo/Grande 15 onde este estudo foi desenvolvido, as captações subterrâneas representam 42,4% do consumo de água, definindo a UGRHI como “Crítica” (CBH TG, 2018).

Frente a isso, o reuso de água a partir de efluentes gerados e tratados nos centros urbanos é uma técnica capaz de dispor volumes adicionais para atendimento da demanda e impulsionar medidas no saneamento que ainda é pauta para muitas discussões e propostas em diversas regiões do país (REZENDE, 2016; INTERÁGUAS, 2018)

No entanto países como Kwait, Israel e Cingapura apresentam maiores relevâncias no quesito volume utilizado por habitante. Em relação ao países com maiores volumes água de reuso podemos citar a China, México e os Estados

Unidos, com destaque para os estados da Califórnia, Texas, Arizona e Flórida (MEJIA; MELO; SANTOS, 2019).

No Brasil essa medida existe em várias fases, como exemplo o projeto Aquapolo como um dos dez maiores programas de reuso no mundo. Na esfera estadual existem somente aspectos normativos e norteadores para esta prática, em nível nacional ainda não existe instrumento legal que defina os parâmetros de qualidade para o reuso de efluentes (MEJIA; MELO; SANTOS, 2019; CUNHA, 2008).

Em que pese o reconhecimento e a percepção da sociedade sobre esta temática, estes fatores são determinantes na implementação e avanço do reuso. O grau de confiança é gerado à medida que as instituições responsáveis apresentam e comunicam suas propostas aos setores envolvidos (BAGGETT *et al.*, 2006). Para Hespanhol (2008), além desta concepção, também pode-se determinar que o grau e o acesso a informação pela população, o modo como esta se relaciona com os corpos d'água e sua percepção a respeito da seca, são relevantes para o avanço da reciclagem hídrica.

O ponto de partida para a sustentabilidade dos empreendimentos com reuso é o melhor conhecimento das práticas de otimização do uso da água, reduzindo a demanda e a percepção do risco na maneira com que as pessoas aceitam a reutilização dos recursos hídricos (REZENDE, 2016). Entre as fontes alternativas de águas para reuso, aquelas denominadas águas cinza apresentam maior potencial de exploração a partir de edificações unifamiliares, multifamiliares e corporativas. Nestes segmentos há uma grande demanda de água e a necessidade em diminuir o volume de efluentes gerados (OLIVEIRA, 2015).

Não obstante, a mudança nos padrões de consumo em todos os setores econômicos, incluindo o setor terciário, os Hospitais possuem significativa exploração dos recursos hídricos. Na Santa Casa de Fernandópolis, toda água utilizada para sua atividade é subterrânea, com consumo médio/mês de 2.637,84m<sup>3</sup> e 697,84 litros/leito/dia. Outro exemplo é o Hospital de Clínicas da UNICAMP que apresenta uma média de consumo de água/mês de 9.227 m<sup>3</sup> e um consumo médio de 751 litros/leito/dia, o maior entre os hospitais de Campinas (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP, 2015).

No entanto, a sustentabilidade na área da saúde faz com que os hospitais planejem e tratem tanto estruturalmente quanto na conscientização de seus usuários e trabalhadores, a segurança hídrica, a energética e ambiental (FIOCRUZ, 2018). Com isso, a implementação de um sistema de tratamento de água para reuso oferece o gerenciamento dos efluentes, além de redução sobre as captações superficiais ou subterrâneas, aumentando a disponibilidade de água potável (CUNHA, 2008).

Poucas são as informações a respeito das qualidades exigidas nos diversos tipos de reuso, mas essa realidade é devido à falta de normatizações específicas, e uma alternativa no Brasil é a adoção da normatização de outros países (MIERZWA; MARTINS; TOMAZ, 2013).

Muitas vezes esse tipo de padrão internacional acaba sendo mais restritivo ou equivalente aos parâmetros de potabilidade utilizada no Brasil, o que dificulta o incentivo e a prática do reuso para fins não nobres, por exemplo. Isso pode ser justificado até mesmo pela tecnologia de tratamento de água que é disposta nestes lugares (REZENDE, 2016).

Neste sentido, o Brasil ainda cresce no desenvolvimento de pesquisas especificamente voltadas aos serviços de saúde que consomem água intensivamente, e carece de discussões sobre a complexidade do efluente, os custos para tratamento e implementação que garantam as condições de segurança para quem quer implantar programas de reuso.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, é crescente a utilização de captações subterrâneas. Por exemplo, no estado de São Paulo esta demanda é representada por cerca de 75% dos municípios para o abastecimento público, principalmente nas áreas de ocorrência do Aquífero Guarani (GIAMPÁ, 2010).

Estas águas por estarem mais protegidas de contaminação, devido as camadas impermeáveis ou semipermeáveis, não necessariamente necessitam de tratamento e, dependendo de seu uso, o custo nesta etapa pode ser mais baixo quando comparado às águas superficiais (RUBIM, 2014). Esta opção vantajosa possibilita aos setores de prestação de serviço, como os de saúde, principalmente

as instituições de filantropia, uma oportunidade na redução de custos e a garantia de abastecimento nos períodos de seca.

Segundo os dados da Organização das Nações Unidas para a Ciência, Educação e a Cultura – UNESCO e a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal–ADASA (2017) o consumo hídrico por habitante no âmbito hospitalar, para prédios sem lavanderia é em média de 500 litros/leito/dia, e com lavanderia 750 litros/leito.dia. Para GAUTAM *et al.* (2007 ) estas unidades hospitalares consomem em média/dia, entre 400 a 1.200 L/leito, além de gerarem efluentes com alto risco de contaminação patológica e a possibilidade de existência de metais, compostos tóxicos e radioativos.

Além disso, é relevante considerar que a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica de estudo, encontra-se crítica devido ao aumento de captações superficiais e subterrâneas segundo o Relatório de Situação (2018). Esse grau de alerta é um dos pontos fortes da proposta de reuso, pois permite adaptar a gestão e a economia circular de água às particularidades de cada bacia hidrográfica e da instituição de saúde.

Neste sentido, estudar mais este tipo de efluente propicia trabalhos científicos que permitam um desenvolvimento integralmente nacional, pois baseando-se em normativas nas quais as diferenças culturais e o nível de desenvolvimento tecnológico são diferentes, exige-se que haja um maior envolvimento das modalidades sobre os aspectos de saúde pública e ambiental (ABES, 2013).

No caso de reuso destas águas, há também a necessidade de buscar tecnologias dentro das realidades financeiras, pois os modelos de última geração normalmente estão associados a custos elevados (ANGELAKIS ET AL, 2018). Por outro lado, dispor de um projeto de engenharia apenas adaptado às necessidades, compromete a qualidade da água, podendo não ser satisfatória aos objetivos (ABES, 2013).

Ainda existe uma preocupação com as características deste efluente devido à presença de antibióticos, bem como na segurança dos usuários e operadores, independente do ponto de aplicação do reuso (LEITE; MORUZZI, 2017).

Para isso, o conceito da Análise Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) considera para um estudo probabilístico de risco, quatro componentes: identificação do perigo, avaliação da exposição, avaliação dose-resposta e caracterização do

risco. Dessa forma a exposição dos agentes envolvidos (usuários, consumidores e operadores) passa a ser um importante fator de análise ressaltando que não apenas a densidade desses microrganismos deve ser avaliada (MATANGUE, 2015 e MEJIA; MELO; SANTOS, 2019).

Outro fator que contribui na redução da adesão ao conceito de água reciclada, é entendida como “Yuck Factor”. Em uma tradução literal, o “Yuck Factor” é o “Fator Eca” que acontece devido a uma reação emocional de repulsa, mesmo sabendo que a água tenha sido altamente tratada e sua metodologia seja segura, ainda persiste o pensamento de que o recurso hídrico seja impuro (OLIVEIRA, 2015).

Sendo assim, justifica-se a importância da análise do efluente gerado na lavanderia hospitalar, bem como implementar o reuso por meio da aplicação de um sistema de tratamento eficiente, capaz de promover a saúde ambiental dentro das normativas legais e capaz de embasar mais pesquisas para o desenvolvimento tecnológico subsequente.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de reuso das águas cinzas geradas em lavanderia hospitalar, para instalação de um sistema de infiltração e recarga de aquífero.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar as características físicas, químicas e microbiológicas do efluente gerado na lavanderia hospitalar;
- b) Identificar o volume potencial de água cinza, por meio da determinação da demanda na instituição, e disponibilidade para reuso;
- c) Elaborar um manual orientativo sobre o potencial desse reuso e o aproveitamento nas instituições hospitalares para promover e incentivar a realização de outros trabalhos e iniciativas sobre o tema;
- d) Determinar a taxa de infiltração do solo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 REUSO DE ÁGUA

Na Política Nacional de Recursos Hídricos é disposto que a água é um recurso natural e finito (BRASIL,1997). Isto mostra que o entendimento sobre a conservação deste bem limitado deve ser visto a partir dos sistemas hídricos presentes na área urbana.

Segundo Tucci (2005) os sistemas hídricos são: os mananciais de águas, os sistemas de abastecimento de água, os sistemas de águas residuárias, o controle de drenagem urbana e o controle de inundações ribeirinhas. No entanto, nas últimas décadas, tem-se observado um crescimento vertiginoso das cidades, das indústrias, da agricultura e das necessidades de consumo da população (COELHO et al., 2019).

Conseqüentemente, a diminuição *per capita* de água doce ocorre à medida que a demanda para seus usos múltiplos e a poluição contínua dos mananciais aumenta. Isto tem forçado o despertar da sociedade para alternativas sustentáveis no âmbito da utilização da água. Historicamente, há relatos que desde as primeiras civilizações, incluindo aquelas que se desenvolveram na China e no Oriente, Egito, Vale do Indo, Mesopotâmia e Creta, a disposição de esgotos eram utilizados na irrigação e aquicultura. Contudo, este não é um conceito novo e tem sido já praticado em diversos países (BORGES, 2003).

A partir dos anos 1.990, várias iniciativas surgiram em eventos, fóruns, normativas e leis visando o uso racional e a conservação dos recursos hídricos. A ECO 92 foi um claro exemplo deste início, com a reunião de entidades e chefes de estado que possibilitaram a criação de documentos, acordos internacionais e declarações. Para Coelho *et al.* (2019) a Agenda 21 foi um importante termo elaborado nesse encontro, pois abordou as questões do reuso de água buscando conciliar o desenvolvimento social e econômico com a conservação dos ecossistemas.

A crescente importância do uso racional da água significa utilizar os recursos hídricos de maneira mais eficiente, por meio do emprego de tecnologias que

promovam redução do consumo, comportamento dos usuários, reuso etc., gerindo de forma complementar a relação de demanda com a oferta. (GONÇALVES, 2006).

Segundo Butler & Memon, (2006) e Kiperstok & Garcia, (2011) a gestão de demanda contempla ampliar a abordagem atualmente predominante nos sistemas de abastecimento e instalações para o papel dos usuários no consumo e importância da água. Também são considerados além das necessidades básicas o atendimento aos desejos de conforto e bem-estar destes usuários.

No âmbito federal com promulgação da Lei nº 9.433/97, popularmente conhecida como Lei das Águas, os princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos foram determinados, bem como a definição de bacia hidrográfica, da unidade de planejamento e o valor econômico da água (BRASIL, 1997).

Através dessa lei, outras ações e esforços se compatibilizaram com órgãos ligados às esferas nacionais e estaduais, derivando vários projetos e iniciativas ambientais.

Neste contexto, a prática do reuso de água é capaz de oferecer um equilíbrio e garantir a sustentabilidade (CUNHA, 2008). O tema ainda é destaque, pois se apresenta como uma alternativa de gestão das águas, possibilitando no meio técnico e acadêmico do Brasil e no mundo uma diversificação nas fontes de suprimento de água (MEJIA; MELO; SANTOS, 2019).

Várias regiões que sofrem escassez hídrica podem se beneficiar da oferta de água e ainda possibilitar que o saneamento sofra mais inclusão na história brasileira, visando não só resultados com qualidade e segurança, mas a mudança de paradigmas, em que o efluente passará a ser visto como um novo recurso hídrico (COELHO *et al.*, 2019).

Alguns países localizados em regiões áridas e semiáridas e com extensas áreas desérticas tiveram como prioridade o reuso de água, pois gerenciar os efluentes residuais seria uma forma de satisfazer as necessidades básicas da população, na sua totalidade e dentro das suas possibilidades (INTERÁGUAS, 2018).

Um exemplo dessa prática é o país de Israel, localizado numa vasta zona quase toda árida. A experiência Israelense mostrou que, devido ao seu grande investimento e mobilização, suas tecnologias hoje são referências para todo o mundo, tornando-se uma das maiores especialistas na área (RHAMA, 2017).

Segundo Mejia, Melo e Santos (2019) a principal fonte de água de reuso em Israel é a Estação de Tratamento de Águas Residuárias Shafdan, que atualmente opera com uma vazão de 370.000 m<sup>3</sup>/dia, atendendo a uma população de 2,1 milhões de habitantes na área metropolitana de Tel Aviv. Esta também é a maior estação de tratamento de águas residuais do país e da região do Mediterrâneo.

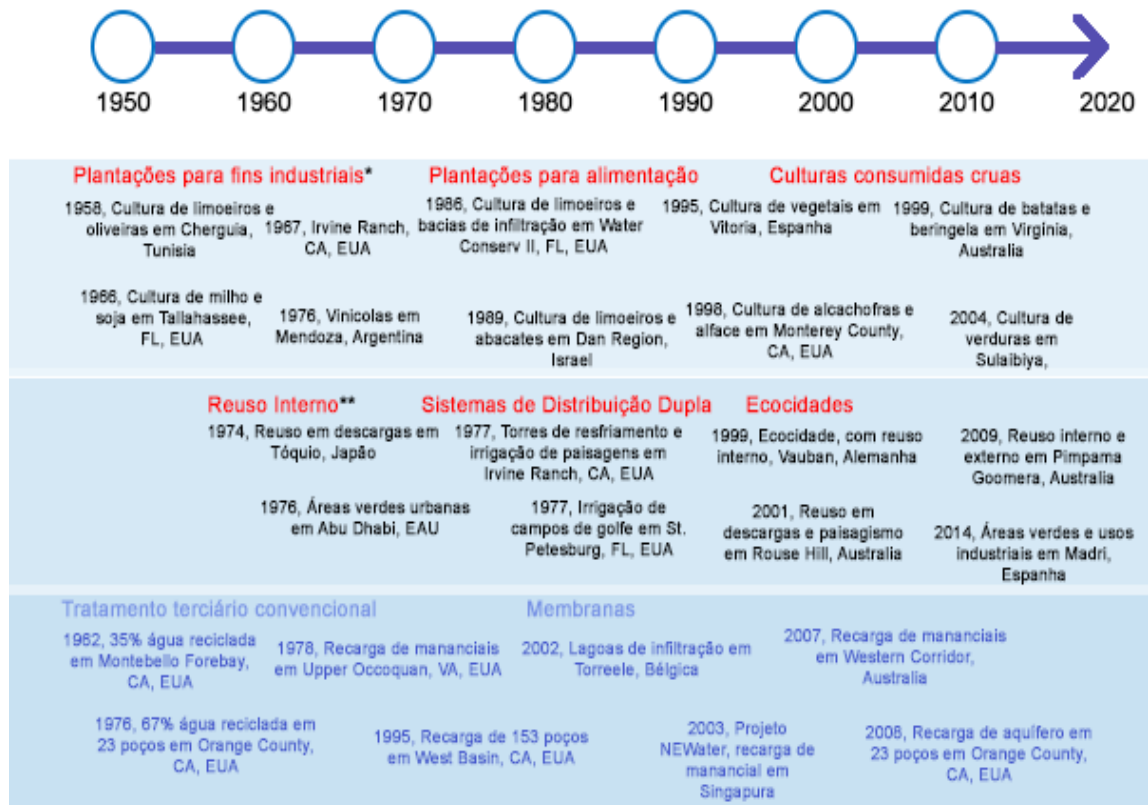
Conforme documentado no Plano de Ações Interáguas (2018), foi estimado que 50 milhões m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> de efluentes sanitários estejam sendo reutilizados mundialmente, dos quais:

- a) 21 milhões m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> (243 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) são provenientes de efluentes sanitários tratados utilizados em 43 países, sendo os EUA o maior utilizador em volume;
- b) Em países como Singapura ou Kuwait, a água de reuso representa mais de 10% da água utilizada;
- c) Em Israel, 75% dos efluentes são reutilizados, principalmente para agricultura.

Segundo Hespanhol (2002), as possibilidades e formas potenciais de reuso dependem de diversos fatores como: decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais. No entanto, a qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso serão os determinantes no estabelecimento dos níveis de tratamento, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados.

Neste sentido, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins diversos. A Figura 1 ilustra o reuso agrícola, urbano e industrial no mundo entre 1950 e 2020.

**Figura 1 - Reuso agrícola, urbano e industrial**



Fonte: Adaptado Interáguas (2018).

Atualmente o reuso de água está se tornando uma estratégia de gestão cada vez mais proeminente, particularmente em grandes cidades onde estão as principais iniciativas. O Quadro 1 exemplifica os dados e resultados das políticas de reuso.

**Quadro 1 - Exemplos de reuso de água no mundo**

<b>Exemplo</b>	<b>Descrição</b>	<b>População Aproximada Atendida</b>
<b>1</b> Israel	Aproximadamente 75% da vazão de efluente sanitário é reutilizada pós-tratamento, principalmente para a agricultura (NRC,2012), onde 40% da água utilizada para irrigação (ONU,2017).	8 milhões (ONU,2017)
<b>2</b> Estados Unidos	Em 2008, a vazão de efluente sanitário reutilizada (após tratamento) era de aproximadamente 88 m <sup>3</sup> /s para várias modalidades de reuso (NRC,2012)	325 milhões (ONU,2017).
<b>3</b> Estados Unidos (Califórnia)	Em 2009, o reuso representava menos de 5% da vazão retirada do Estado, embora representasse > 10% do abastecimento de algumas cidades. A vazão do efluente sanitário reutilizado (após tratamento) era de aproximadamente 26 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> para uma grande variedade de modalidades de reuso. É previsto entre 2020 e 2030 que a Califórnia atinja 39 e 51 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> respectivamente (DWR,2013).	40 milhões (2010 US Census).
<b>4</b> Jordânia	90% da vazão de efluente sanitário é reutilizada para irrigação (ONU,2017).	8 milhões (ONU,2017).
<b>5</b> México	Com o projeto de reuso agrícola da ETE Atotonilco, a vazão de efluente sanitário reutilizada (após tratamento) no México será de 35 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> , com quase 100% da vazão efluente sendo reutilizada.	128 milhões (ONU,2017).
<b>6</b> Arábia Saudita	Em 2010, 30% do efluente sanitário municipal era reutilizado após tratamento (aprox.15m <sup>3</sup> /s) com meta de 100% até 2030 (aprox.75 m <sup>3</sup> /s).O país tem meta de reuso de 80% do efluente industrial até 2030 (IWA,2013).	32 milhões (ONU,2017).

Fonte: Adaptado de Interáguas (2018).

Haja vista que o estilo de vida das pessoas, faixa etária, classe social, entre outros, são fatores determinantes nas características desse efluente. A origem do

mesmo define a escolha correta do processo de tratamento e as áreas de aplicações.

Segundo Bazzarella (2005), a prática da segregação de efluentes tem potencial para o saneamento sustentável, pois facilita a implementação de alternativas de tratamento do reúso e a minimização dos impactos sobre seu lançamento no meio ambiente. Segundo Metcalf e Eddy (2003), reutilizar este efluente é aproveitá-lo a partir da remoção parcial ou não dos resíduos presentes para fins sem grandes exigências no padrão de qualidade.

Fontes mais poluídas são denominadas águas negras “Blackwater”. Elas são provenientes dos vasos sanitários e contém fezes, urina e papel higiênico, e apesar deste efluente conter uma maior parte de contaminantes patogênicos, o volume gerado é bem menor que o de águas cinza (GALBIATI, 2009), resultando em sua composição altas quantidades de matéria orgânica e sólidos em suspensão (fecal e papel higiênico).

Jefferson et al. (1999) classificam as águas cinzas “Greywater” como aquelas geradas a partir da utilização de produtos destinados a higienização do corpo, roupas e/ou limpezas em geral. Geralmente apresentam baixas concentrações de nutrientes e seu tratamento pode ser relativamente fácil e reutilizada para fins diversos (WILDERER, 2002).

De acordo com Samwel (2005), os efluentes originários de mictórios e vasos sanitários equipados com separador de fezes e urina, recebem sua classificação conforme a maior concentração de material orgânico, sendo estas:

- a) água amarela (yellow water) basicamente urina com ou sem água de descarga e rica em composto nitrogenados;
- b) água marrom (brown water) é composta de material fecal, rico em fósforo e, devido a alta quantidade de patógenos, é a que apresenta maior risco à saúde.

No Brasil, a prática do reúso do efluente tratado é uma alternativa para a melhoria do balanço hídrico, que hoje é crítico em determinadas regiões e centros urbanos. Entretanto, devido à grande variação regional, o nível mais “típico” para uma avaliação aprofundada do potencial de reúso é o nível de sub-bacias, o nível municipal ou o nível de projeto, sob os aspectos de densidade populacional, disponibilidade hídrica, uso da água, nível de coleta e tratamento de esgoto ou

responsabilidade pelos serviços de esgotamento sanitário e renda per capita para avaliação do “potencial de reuso”(INTERÁGUAS, 2018).

Outros fatores que direcionam a prática de reuso são as leis do mercado, o aumento da segurança hídrica e a resiliência dos sistemas de abastecimento.

Vale ressaltar que as políticas públicas, os programas de gestão de demanda e conservação da água, o arcabouço tecnológico de desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de tratamento de efluentes, bem como as medidas legais e normativas são essenciais para disciplinar a prática de reuso (INTERÁGUAS, 2018).

Embora o aumento do uso da água recuperada geralmente representa maiores desafios financeiros, técnicos e institucionais do que as fontes tradicionais, há várias opções de tratamento disponíveis para que qualquer nível de qualidade da água possa ser alcançado, dependendo do uso da água recuperada (GUIDELINES FOR WATER REUSE, 2012).

O efluente pode ser recuperado e usado para fins diversos. Qualquer que seja a sua forma de aplicação, os riscos associados a diferentes patógenos podem ser estimados a partir do conceito da Análise Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM). Nessa diretriz discute-se a identificação do perigo, a avaliação da exposição, a avaliação dose-resposta e a caracterização do risco, impactando diretamente na qualidade final da água de reuso (LEITE; MORUZZI, 2017).

Esta técnica de modelagem probabilística relaciona não somente a parte microbiológica, mas a exposição dos agentes envolvidos. Por tais motivos é fundamental observar também a preservação do ambiente, o atendimento consistente às exigências de qualidade, relacionadas ao uso pretendido e a proteção dos materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de reuso (HESPANHOL; SEDLACK; ALIGHIER, 2015).

O potencial de reuso de efluentes em áreas urbanas é muito amplo e diversificado. De maneira geral, podem ser utilizados para fins potáveis e não potáveis, sendo este último o mais utilizado. Entretanto, segundo Hespagnol, Sedlack e Alighier (2015) “a falta de conhecimento dos benefícios que o reuso proporciona, o desinteresse dos tomadores de decisão em desenvolver a prática e a implementação de regulamentos irracionalmente restritivos implantados,

principalmente, no Estado de São Paulo”, são fatores que contribuem para o atraso na viabilidade desta prática.

Em linhas gerais, a água de reuso deve apresentar padrões de qualidade, até mesmo estéticas (odor, cor) para que a população visualize de forma limpa e não cause objeção (HESPANHOL, 2003). Geralmente, esse termo “reuso de água” ainda é um pouco conhecido no Brasil, principalmente para o reuso potável, por não ser amplamente divulgado e discutido (INTERÁGUAS, 2018). Outros fatores, segundo Hespanhol (2003), que podem influenciar a aceitação do público estão associados às questões de segurança (quanto maior contato, maior segurança), se acarreta ou não prejuízos ao ambiente e às quais formas de tratamento.

Portanto, a implementação do reuso demanda a aceitação do conceito prático, pois a forma com que a população é informada sobre esse recurso, pode gerar dilemas ao sistema de abastecimento, questionamentos e dúvidas a respeito da segurança dos serviços prestados. Desta forma, para definir as variáveis da qualidade das águas de reuso é necessário primeiramente conhecer as formas e tipos de reuso.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE REUSO DE ÁGUA

A reciclagem de água é recomendável para usos menos nobres, como complemento e buscando eficiência no consumo de água potável. Segundo Rebouças (2004) as águas subterrâneas, água de chuva e reuso são definidas como não convencionais, por não estarem inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

Quando essas fontes não convencionais estão em prática, os volumes destas origens são expressivos e seu uso tem uma variedade de aplicações, principalmente em irrigações, processos industriais, rega de jardins, lavagens de ruas e calçadas, descargas em bacias sanitárias, recarga de aquíferos, entre outras atividades. Mesmo assim, todas estas atividades possuem padrões mínimos de qualidade de água e específicas para sua aplicação.

Em 1973 a Organização Mundial de Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1973) publicou um documento classificando os tipos de reuso em suas diferentes aplicações e utilizações.

**Reuso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída. Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo de água é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto *in natura* (WHO, 1973).

**Reuso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação da qualidade do efluente à estação à qualidade definida pelo uso requerido (WHO, 1973).

**Reciclagem interna:** é o reuso da água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento (WHO, 1973).

De acordo com Mancuso e Santos (2003), o reuso pode ser classificado como direto ou indireto, e em ações planejadas ou não. Para Asano (1998) o reuso direto e indireto são determinados em decorrência das práticas planejadas ou não, a saber, é descrito abaixo:

**Quadro 2 - Elementos essenciais no planejamento de reuso de água em espaço urbano**

<b>Objetivos do planejamento</b>	
1-	Avaliar a quantidade de esgoto disponível para reuso e opções de disposição.
2-	Avaliar o uso predominante da água
3-	Identificar o usuário potencial de água recuperada e associar com quantidade de água e requisitos de qualidade.
4-	Determinar as necessidades de tratamento e distribuição de sistemas para usuários.
5-	Desenvolver estratégias, planos e opções financeiras para implementação de projetos.
<b>Fase do planejamento</b>	
1-	Avaliar o tratamento de esgoto e a necessidade de disposição.
2-	Avaliar o abastecimento e a demanda de água.
3-	Avaliar o mercado de água recuperada.
4-	Administrar a engenharia e fazer análise econômica.
5-	Desenvolver plano de implementação com análise financeira.

Autor: Asano (1998).

Observando o reuso para fins potáveis, pode-se subdividi-lo em grandes categorias: o reuso potável e o reuso não potável.

### 2.2.1 Reuso Potável

A preservação da saúde dos usuários, do ambiente e a preocupação quanto às exigências de qualidade devem ser observadas e orientadas durante o exercício dos sistemas de reuso (HESPANHOL, 2003). Para isso a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2017) descreve:

A **reutilização potável indireta (RPI)** representa a adição planejada de águas residuais tratadas em corpos de água usados como fontes de água potável. Os corpos d'água, que pode incluir rios, lagos, reservatórios e aquíferos. A água contendo uma proporção de água residual tratada é retirado do manancial e tratado posteriormente para fornecer água potável.

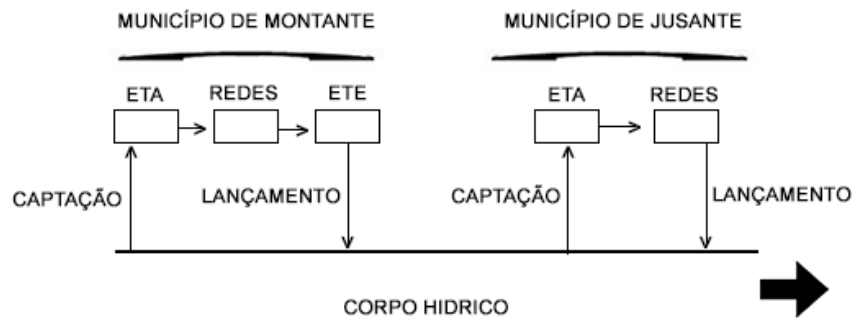
A **reutilização potável direta (RPD)** representa a introdução de águas residuais tratadas (com ou sem retenção em um armazenamento projetado) no suprimento de água potável sem descarga prévia em um corpo d'água. As águas residuais tratadas podem ser misturadas com água bruta de um rio, lago, reservatório ou aquífero imediatamente antes de uma estação de tratamento de água potável; misturado com água tratada a jusante de uma estação de tratamento de água potável convencional; ou introduzido diretamente em um sistema de distribuição de água potável.

A **reutilização potável** não planejada (também conhecida como reutilização potável não reconhecida ou de fato) representa uma prática comum de produzir água potável a partir de fontes de água impactadas por descargas de águas residuais. Isso é particularmente comum em sistemas fluviais que atendem a vários centros urbanos onde as águas residuais descarregadas (tratadas ou não tratadas) se tornam parte do recurso hídrico usado pelos centros a jusante. Fornecendo Quando medidas de Controle apropriadas, incluindo tratamento, são aplicadas, os suprimentos de água potável que incorporam reutilização potável não planejada são capazes de produzir água potável segura.

Para Caraciolo (2008), o reuso de água para fins potáveis indiretos deve ser considerado o corpo hídrico (superficial ou subterrâneo) com capacidade para o processo de autodepuração e redução da carga poluidora dentro dos padrões permitidos.

Neste sentido, a prática de reuso potável indireto para abastecimento público é uma das práticas mais comuns. A figura 2 exemplifica as etapas.

**Figura 2 - Reuso Potável Indireto**



Fonte:Hespanhol *et al.*(2015).

### 2.2.2 Reuso Não Potável

A aplicação deste efluente ocorre principalmente em áreas urbanas e os riscos associados a sua aplicação são menores. No entanto, os parâmetros de segurança devem ser mantidos, principalmente para que o contato direto não ocorra com a população (HESPANHOL, 1999).

**Reuso não potável para fins agrícolas:** embora quando se pratica esta modalidade de reuso via de regra haja, como sub produto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais (WHO,1973).

**Reuso não potável para fins industriais:** abrangem os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, limpeza etc. Pode-se considerar alguns usos comerciais tais como a lavagem de veículos (WHO,1973).

**Reuso não potável para fins recreacionais:** classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques, gramados e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc. Em áreas urbanas pode-se considerar ainda a irrigação de parques públicos, áreas ajardinadas, árvores e arbustos ao longo de rodovias, chafarizes e espelhos d'água (WHO,1973).

**Reuso não potável para fins domésticos:** são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios. Pode-se considerar também o reuso para reserva de incêndio, lavagem de automóveis e pisos (WHO,1973).

**Reuso para manutenção de vazões:** a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. Nessa modalidade, pode-se enquadrar o reuso para manutenção de habitat naturais (WHO,1973).

**Reuso em aquacultura ou aquíicultura:** consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados (WHO,1973).

**Reuso para recarga de aquíferos subterrâneos:** é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante. A recarga visa o aumento da disponibilidade e armazenamento de água bem como para controlar a salinização de aquíferos costeiros e para controlar a subsidência de solos (WHO,1973).

No Brasil destacam-se algumas ações relacionadas ao reúso de água não potável. Prefeituras, principalmente de regiões metropolitanas, já recorrem à utilização de efluentes tratados das estações de tratamento de esgoto. De acordo com a CASAN (COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN, 2015) este esgoto pode ser utilizado na limpeza de ruas e pátios, desobstrução da rede de esgoto e águas pluviais, e transportados em caminhões-pipa devidamente identificados.

No estado de São Paulo algumas estratégias para fornecimento da “água de reúso” ou “água de utilidades” tem surgido a partir de empresas de saneamento, como SABESP e SANASA, além de prefeituras. No entanto, esta prática se apresenta de maneira tímida e receosa. Para Mejia, Melo e Santos (2019) o que se observa é que talvez haja “uma falta de coragem das companhias em geral” em impulsionar a prática do reúso mesmo para fins menos nobres.

Neste sentido, Silva Júnior *et al.* (2019) avaliaram como as empresas de saneamento no estado de São Paulo e Rio de Janeiro disponibilizam seus dados ao público em geral sobre o reúso que desenvolvem em suas atividades. A conclusão foi que, das 1.287 ETEs em operação nestes estados, apenas 16 possuem instalações com projeto de reúso. Destas, somente 10 disponibilizavam dados quantitativos públicos, mas em sua maioria são divergentes aos dados operacionais. Segundo os autores do estudo existem dois casos de sucesso em relação ao reúso de água: o Projeto Aquapolo (SABESP/BRK Ambiental) que abastece as indústrias do Polo Petroquímico de Capuava/SP e a ETE Capivari II (SANASA) que permitiu a retirada de água para reúso na reservação a partir de caminhões pipa.

O Aquapolo (Figura 3) é o maior empreendimento para produção de água de reúso industrial na América do Sul e o quinto maior do planeta, formado entre parcerias com a BRK Ambiental e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico

do Estado de São Paulo). Pelos dados oficiais da empresa, ela fornece 650 litros/segundo de água de reuso para o Polo Petroquímico da região do ABC Paulista, o equivalente ao abastecimento de uma cidade de 500 mil habitantes.

**Figura 3 - Unidade Aquapolo – ABC Paulista**



Fonte: Aquapolo (2019)

Em relação à Sanasa, os dados da empresa mencionam que a companhia é pioneira na América Latina em implantar uma Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR Capivari 2 – Lote 1), com o uso de membranas de ultrafiltração em seu processo. Esta membrana filtrante é capaz de remover vírus, bactérias, sólidos e nutrientes, deixando a água com 99% de pureza. Esta água de reuso é destinada para manutenção do jardim da sede (Figura 4) e dos demais prédios da empresa, bem como para regar os canteiros das praças e ruas de Campinas.

**Figura 4 - Caminhão com água de reuso para rega de jardins - Campinas**



Fonte: Sanasa (2019).

Neste sentido, para o desenvolvimento em função do reuso de água, é necessário mais ousadia, e também que novos passos sejam dados no sentido de resolver: I) grandes entraves burocráticos; II) falta de regulamentação (aspectos legais e norteadores); III) receio em relação à receptividade da sociedade e desconhecimento da melhor forma de alcançá-la com o tema; IV) falta de disposição para enfrentar novos desafios tecnológicos e de gestão estratégica; V) falta de articulação técnico-política para viabilização dos projetos; VI) falta de definição de responsabilidades, e VII) corpo técnico com baixa qualificação no tema (MEJIA; MELO; SANTOS, 2019).

Para Cunha (2011) e Rezende (2016) quando ocorre o planejamento e a implantação de práticas legais, são promovidos benefícios ambientais, sociais e econômicos além de mudanças nos padrões de consumo e produção.

A importância quanto ao uso racional da água, hoje desperta a consciência e cresce a necessidade de controlar as perdas e desperdícios. Mesmo que a prática da reutilização, até mesmo de esgotos sanitários é uma realidade com bases técnicas e científicas, estas recentemente se consolidaram (INTERÁGUAS, 2018).

Conforme Hespanhol (2003) explica, nesse processo de institucionalizar, regulamentar e promover o reuso de água no país é necessário que as legislações em nível federal orientem as legislações estaduais e municipais, ao modo que, esta aplicação se desenvolva economicamente viável, que a sociedade aceite, que seja segura e que promova a preservação ambiental. Sendo assim é fundamental que ocorra uma uniformização de parâmetros e padrões, proporcionando a qualidade físico-química e microbiológica das águas de reuso.

No Brasil a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos a partir da gestão descentralizada com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades será a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Um dos principais marcos sobre a gestão das águas é reconhecendo-a como um bem de domínio público; como um recurso natural limitado dotado de valor econômico e em situações de escassez o uso prioritário será para consumo humano e a dessedentação de animais.

Segundo Hespanhol (2003), no Brasil as normas publicadas se baseiam principalmente em legislações de outros países, nos critérios de qualidade emitidos

pela Organização Mundial de Saúde (OMS), e não se trata com clareza os parâmetros de qualidade, ficando em algumas publicações a ausência desses dados para o reuso.

A falta de mais esclarecimento na regulamentação específica sobre o assunto existe, e quando isso não ocorre, as consequências indesejáveis podem ser apresentadas como: riscos à saúde pública e do meio ambiente, conflitos de interesses, práticas inadequadas e principalmente o descrédito da prática do reuso. Por estas razões, a avaliação de normativas, diretrizes e legislação é de grande relevância, pois possibilitará que a substituição de água potável em atividades menos nobres seja impulsionada, e os programas de reuso sejam viáveis, com uma estrutura responsável e segura (CUNHA, 2008).

## 2.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA REUSO DA ÁGUA

### 2.3.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos

Com a promulgação da Resolução nº54 de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2006) foi estabelecido algumas diretrizes e critérios quanto a prática do reuso direto não potável de água, porém não é estabelecido parâmetros para delimitação. São estabelecidas as seguintes informações:

- I) que o reuso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos;
- II) a escassez de recursos hídricos observada em certas regiões do território nacional, a qual está relacionada aos aspectos de quantidade e de qualidade;
- III) a elevação dos custos de tratamento de água em função da degradação de mananciais;
- IV) que a prática de reuso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade,e
- V) que a prática de reuso de água reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Ainda são atribuídas algumas modalidades de reuso:

- I reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de

reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;e,

V reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (BRASIL, 2006)

Com base nas diretrizes do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, diversas leis e decretos estaduais e municipais autorizaram ou obrigaram a prática do reuso. Dois estados se destacaram na regulamentação em seu território: a Resolução Conjunta SES/SIMA Nº 01, de 13 de Fevereiro de 2020 e da Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014; e o Estado do Ceará, através da Lei Estadual nº 16.033, de 20 de junho de 2016, que dispõe sobre a política de reúso de água não potável no Ceará; e a Resolução COEMA nº 2, de 2 de fevereiro de 2017, que dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras (INTERÁGUAS, 2018).

## 2.4 LEGISLAÇÃO ESTADUAL PARA REUSO DE ÁGUA – SÃO PAULO E CEARÁ

### 2.4.1 Estado de São Paulo

O quadro legislativo estadual conta com a Resolução Conjunta SES/SIMA Nº 01, de 13 de Fevereiro de 2020 que disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Esta lei foi proposta a partir da iniciativa das secretarias de Saúde, Meio Ambiente e Infraestrutura para prevenir riscos à saúde da população, preservar os recursos naturais e fomentar a gestão racional da água.

Em síntese, esta resolução viabiliza o reuso de água para fins em meios urbanos, como irrigação paisagística, lavagem de logradouros e espaços públicos e de combate a incêndio, estabelecida em padrões para duas categorias: uso com restrição moderada e uso com restrição severa.

A partir do efluente gerado pós-tratamento na ETE do município, o Quadro 3 definiu as modalidades, diretrizes e critérios para o reuso dispostos na resolução conjunta SES/SMA/SSRH N° 01 de 28 de junho de 2017.

**Quadro 3 - Padrões de qualidade e do monitoramento**

Padrões de Qualidade		Categorias de Reuso	
Parâmetro	Unidade de Medida	Uso com Restrição moderada	Uso com restrição severa
pH	-	6 a 9	6 a 9
DBO 5,20	mg/L	≤ 10	≤ 30
Turbidez	UNT	≤ 2	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	(1)	< 30
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	Não detectável	< 200
Ovos Helminhos	Ovo/L	< 1	1
Cloro Residual Total (CRT)	mg/L	< 1	<1
Condutividade Elétrica	dS/m	< 0,7	< 3,0
RAS	-	< 3	3-9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	< 450	< 2.000
Cloreto	mg/L	< 106	< 350
Boro	mg/L	< 0,7	< 2,0
Distância de Precaução	m	70 m Para poços de captação de água potável	
Tipo de Tratamento	Tratamento secundário, desinfecção e filtração. Este tratamento não poderá ter níveis mensuráveis de patógenos.		Tratamento secundário desinfecção e filtração.

Fonte: São Paulo (2017).

O padrão de qualidade da água de reuso deve ser obtido por meio de análises laboratoriais que empreguem métodos de análises específicos em Normas Técnicas de Instituições Nacionais e Internacionais reconhecidas, de acordo com a frequência listada no Quadro 4.

**Quadro 4 - Análises laboratoriais e frequência de monitoramento**

<b>Frequência</b>	<b>Parâmetro</b>
Diária	pH, Condutividade Elétrica, Turbidez e Cloro Residual Total
Semanal	DBO 5,20, Coliformes Termotolerantes ou <i>E.coli</i> , Sólidos Dissolvidos Totais e Sólidos Suspensos Totais.
Quinzenal	Ovos de Helmintos
Mensal	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i> , Boro, RAS e Cloreto
Anual	Os demais parâmetros não relacionados anteriormente, constantes no Artigo 21 da Resolução CONAMA nº430/2011 e no artigo 18 do Regulamento da Lei Estadual nº997/1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº8.468/76.

Fonte: São Paulo (2017)

#### 2.4.2 Estado do Ceará

Até o ano de 2016 não havia nenhuma legislação sobre reuso de água no Ceará, ano em que foi sancionada a Lei Estadual nº 16.033 de 20/06/2016. A promulgação da lei foi um marco histórico, pois durante anos era discutido e cobrado do poder público um dispositivo de regulamentação para o reuso de água no Ceará. A referida legislação dispõe sobre a política de Reuso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará (ROLLEMBERG, 2017).

A Lei Estadual do Ceará nº 16.033/2016 apresenta determinações gerais quanto à política de reuso no estado. O propósito da lei foi garantir o estoque de água bruta para fins mais nobres; possibilitando a aplicação em fins não potáveis, suprimindo usos que toleram águas de qualidade inferior, como a indústria e agricultura em até 70% da demanda do Estado.

Na legislação, são dispostas as modalidades de reuso de água não potável, determinado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Ela é a unidade responsável pela criação de programas para fornecer apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico no campo do reuso de água.

Considerando o estado de escassez dos recursos hídricos no Ceará, a resolução COEMA nº 2/2017 foi criada definindo parâmetros para utilização de efluentes nas modalidades pretendidas já definidas na Lei Estadual nº 16.033/2016, além de definir diretrizes e critérios para a gestão das águas (ROLLEMBERG, 2017). Para autorização da prática, é necessário que seja realizada uma submissão do pedido e análise pelo órgão ambiental competente.

**Quadro 5 - Parâmetros de reuso por modalidades de aplicação**

<b>Reuso externo de efluentes sanitários para fins urbanos</b>		
Coliformes termotolerantes	até 5.000 CT/100 mL	
Ovos helmintos	até 1 ovo/L de amostra	
Condutividade elétrica	até 3000 $\mu$ S/cm	
pH	entre 6,0 e 8,5	
<b>Reuso para fins de irrigação paisagística</b>		
Coliformes termotolerantes	até 1.000 CT/100 mL	
<b>Reuso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais</b>		
	Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação	Demais culturas
Coliformes termotolerantes	Não Detectado – ND	até 1000 CT/100 mL
Ovos de helmintos	Não Detectado – ND	até 1 ovo helmintos/L de amostra
Condutividade elétrica	até 3000 $\mu$ S/cm	até 3000 $\mu$ S/cm
pH	entre 6,0 e 8,5	entre 6,0 e 8,5
Razão de Adsorção de Sódio	RAS: $(15 \text{ mmolcL}^{-1})^{1/2}$	
<b>Reuso externo de efluentes sanitários para fins ambientais</b>		
Coliformes termotolerantes	até 10.000 CT/100 mL	
Ovos helmintos	até 1 ovo/L de amostra	
<b>Reuso externo de efluentes sanitários para aquicultura</b>		
Coliformes termotolerantes	até 1000 CT/100 mL	
Ovos helmintos	ND/L de amostra	
Condutividade elétrica	até 3000 $\mu$ S/cm	
pH	entre 6,0 e 8,0	
Temperatura	até 40° C	

Fonte: COEMA (2017)

## 2.5 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL PARA REUSO DE ÁGUA – CAMPINAS E GUARUJÁ

A regulação do reuso de água no município de Campinas foi obtida por meio da RESOLUÇÃO CONJUNTA SVDS/SMS Nº 09/2014 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reuso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos (BRASIL, 2014).

A Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SVDS) e a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) deram suporte à publicação da Resolução Conjunta SVDS/SMS nº 09/2014, firmando parcerias e convênios de cooperação entre a SANASA, Secretaria Municipal de Cooperação dos Assuntos de Segurança Pública e Corpo de Bombeiros, para instalação de quatro reservatórios de 20 m<sup>3</sup> para utilização de água de reuso nas atividades do Corpo de Bombeiros, bem como a implantação de unidades de comercialização e distribuição de água de reuso a granel para consumo de grandes volumes (BRASIL, 2014).

O Quadro 6 mostra os padrões especificados na legislação ambiental vigente, divididos em duas categorias:

1. Classe A: as águas destinadas ao combate a incêndio e a lavagem automatizada externa de veículos;
2. Classe B: águas destinadas à irrigação paisagística, lavagem de logradouros, construção civil, desobstrução de galerias e redes de esgoto.

Posteriormente à Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01, o Estado de São Paulo, em 28 de junho de 2017 emitiu uma normativa mais abrangente e completa que a Resolução Municipal, o que motivou a revogação da Resolução Conjunta SVDS/SMS nº09/2014.

**Quadro 6 - Padrões de qualidade destinado ao reuso de Classe A e B**

<b>PADRÕES DE CLASSE A</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor Máximo Permitido</b>
Coliformes Termotolerantes ou <i>E. coli</i>	100 NMP (UFC /100mL)
Turbidez	1 NTU
DBO 5,20	5 mg/L
Sólidos em Suspensão Totais	5 mg/L
Cloreto Total	250 mg/L
Sódio	200 mg/L
Cloro Residual Total (Após 30 minutos de tempo de contato)	Mínimo de 1,5 mg/L
Cloro Residual Livre (Após 30 minutos de tempo de contato)	Mínimo de 1,0 mg/L
<b>PADRÕES DE CLASSE B</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor Máximo Permitido</b>
Coliformes Termotolerantes ou <i>E.coli</i>	200 NMP (UFC/100 mL)
<i>Giardia e Criptosporidium</i>	0,05 cistos ou oocistos/L
Ovos de <i>Helminto</i>	<1 ovo/L
Turbidez	5 NTU
DBO 5,20	30 mg/L
Sólidos em Suspensão Totais	30 mg/L
Cloreto Total	250 mg/L
Sódio	200 mg/L
Cloro Residual Total (Após 30 minutos de tempo de contato)	Máximo de 3,0 mg/L
Cloro Residual Livre (Após 30 minutos de tempo de contato)	Máximo de 2,0 mg/L

Fonte: Campinas (2014).

## 2.6 ÁGUAS CINZA

Segundo EPA (2012) a instalação de um sistema de reuso de águas cinzas pode economizar uma quantidade significativa de água potável (e seus custos) para o proprietário ou empresa, mesmo que o período de retorno dos sistemas mais complexos possa exceder a vida útil do sistema (GUIDELINES FOR WATER REUSE, 2012).

Segundo a Agência, as águas cinzas incluem as águas residuais de banheiras, chuveiros, banheiros, lavatórios, lavadoras de roupas e lavanderias. Por

serem menos poluídas que as águas negras, esse tipo de efluente tem recebido uma importância maior no sentido de reciclagem ou reutilização. Elas geralmente são compostas de sabões, devido ao residual de produtos para limpeza e lavagem em geral, e apresentam maiores aplicações no Brasil e no mundo para fins não potáveis (RAPOPORT, 2004).

Historicamente essa reutilização de águas do banho ou da lavagem de roupas foi inserida nos momentos em que o acesso a água era limitado (WORSLEY, 2011). Neste contexto, o reuso pode ser planejado de forma a produzir e manter recursos hídricos nas regiões de baixas condições socioeconômicas e ambientais (HESPANHOL, 2008).

Algumas alternativas ao sistema convencional, leva à prática do reuso não planejado, como no nordeste brasileiro. Esta região é caracterizada por rios intermitentes que convivem com a degradação oriunda de lançamentos de esgotos, e o baixo índice de serviços de saneamento. Quando regulamentado o reuso, esta proposta resultaria em uma nova perspectiva de sustentabilidade entre as comunidades existentes (HESPANHOL, 2008; CUNHA, 2008).

No entanto é fundamental que os requisitos básicos de qualidade sejam tratados, pois quando está fora dos padrões, pode causar problemas de odor e de saúde pública, comprometendo toda aderência da sociedade ao modelo e da concepção de reuso (RUBIM, 2012).

**Figura 5 - Águas cinza**



Fonte: Rubim (2012)

Este efluente (águas cinza) contém altos índices de fósforo proveniente de sabões e detergentes, cloreto de sódio, fosfatos de urina, carbonatos, ureia, gorduras, fibras vegetais, vermes, vírus, bactérias, entre outra infinidade de componentes (CUNHA, 2008). Toda essa grande carga orgânica favorece o

desenvolvimento de colônias de microrganismos e conseqüentemente uma água cinza com baixíssima concentração de oxigênio dissolvido (SANT'ANA, 2017).

Os efluentes provenientes da lavagem de roupas podem apresentar concentrações em média de até 107 UFC/100mL dependendo das etapas de lavagem. Valores para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e turbidez são altos devido à concentração de produtos químicos presente em sabões que contém Sódio, Fosfato, Boro, Surfactantes, Amônia e Nitrogênio (SILVA, 2017).

As águas cinza geradas a partir de chuveiros e pias de banheiros possuem uma concentração de coliformes tolerantes que variam de 104 a 106 UFC/100 mL, e são aparentemente consideradas como as menos contaminadas, pois os produtos utilizados encontram-se mais diluídos (Grey water reuse sewerred single domestic premises, 2000).

No entanto, as fontes de águas cinza apresentam características específicas e dependem das atividades em que são empregadas. Um hospital, por exemplo, poderá ter uma quantidade de microrganismos superiores às águas de um hotel ou escritórios (SANT'ANA, 2017).

Na implementação de um sistema de reuso de águas cinza ou aproveitamento de águas pluviais, a qualidade da água está diretamente ligada ao sucesso do projeto e a aceitação de formas alternativas. Para Crook (1993) as características físico-químicas e microbiológicas são os constituintes que representam o uso e capacidade de aplicação com segurança, saúde e bem-estar aos usuários.

Existem riscos a serem considerados com o reuso de águas cinza, principalmente no que diz respeito à saúde pública, uma vez que esta água não está isenta de contaminação (CUNHA, 2008).

Para a prática do reuso, é interessante a segregação de efluentes, visto que, com a separação surgem diferentes potenciais de reuso e, conseqüentemente, necessidades de tratamentos diferenciados. As águas cinza são as ideais para o reaproveitamento por sua baixa carga orgânica e as águas negras segregadas, possuem baixo volume, possibilitando menores gastos com seu sistema de tratamento (REBÊLO, 2011).

Porém, nem sempre a economia é significativa em termos financeiros, por isso é necessário que as alternativas para seu uso eficiente ou adequado sejam

analisadas, a fim de minimizar consumo de equipamentos e materiais, o consumo de energia e recursos hídricos. (CARVALHO et al., 2014).

## 2.7 A LAVANDERIA HOSPITALAR

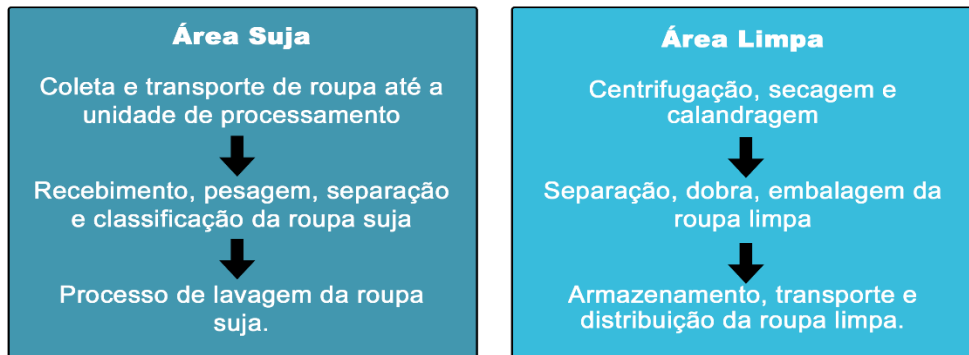
A lavanderia hospitalar é uma área destinada para o processamento de roupas, e que influencia diretamente na segurança e conforto do paciente, do trabalhador, bem como da qualidade de assistência à saúde. A eficiência do funcionamento deste setor contribui diretamente no controle de infecções hospitalares (ARSEGO *et al.*, 2008; BUONO, 2018).

Mesiano e Lisboa (2006) definem a lavanderia como a unidade de atendimento aos clientes internos e externos, com apoio logístico destinado a coletar, separar, processar, fornecer e distribuir ao hospital roupas em condições de uso e higiene, além de quantidade, qualidade e conservação.

Dentre as atividades existentes na lavanderia destacam-se: a coleta e armazenamento, transporte, pesagem, separação, classificação, lavagem, centrifugação, calandragem, secagem e distribuição das roupas. E o enxoval utilizado inclui: lençóis, fronhas, cobertores, toalhas, colchas, roupas de pacientes, fraldas, compressas, campos cirúrgicos, máscaras, aventais, gorros, entre outras diversas peças (BUONO, 2018). Para Farias *et al.*(2012) as contaminações nas roupas são provenientes de sangue, secreções, medicamentos ou excreções de pacientes.

Na área hospitalar há uma grande variedade de locais de contaminação, de utilização das roupas nos serviços de saúde e de tipos de sujidade. Quando a roupa chega à área de processamento, ocorrem as seguintes etapas, conforme ilustra o fluxograma na Figura 6:

**Figura 6** - Fluxograma do processamento das roupas hospitalares



Fonte: Próprio autor.

## 2.8 HIGIENE TÊXTIL HOSPITALAR

O processo de higiene Têxtil é regulamentado pela Lei Federal nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, pela Portaria nº 15, de 23 de agosto de 1988 e pela Resolução RDC/ANVISA nº 184, de 22 de outubro de 2001. A Classificação do produto de ação microbiana de uso específico é disposta na RDC/ANVISA nº. 14/07 inclusive para que a empresa comprove a eficácia contra *Staphylococcus aureus* e *Salmonella choleraesuis* para o primeiro e *Staphylococcus aureus* e *Salmonella choleraesuis* e *Pseudomonas aeruginosa* para os produtos constantes do segundo item acima citado (BRASIL, 2007).

Na linha de produtos saneantes, os principais produtos utilizados no processamento de roupas são os sabões, detergentes, alvejantes, amaciantes de tecidos, dentre outros. Segundo o The Soap and Detergent Association (2007) os princípios deste tipo de higienização:

**Figura 7** - Compostos para em Higienização de roupa hospitalar



Fonte: Próprio autor.

**a) Tensoativos:** de acordo com a RDC nº. 14/07 os tensoativos presentes no sabão tem a principal função quebrar a tensão superficial da água e facilitar a limpeza;

**b) Alcalinos:** Sua presença no detergente tem a função de emulsionar e saponificar a sujeira, separando-a em pequenas partículas em suspensão na solução de detergente e água. São responsáveis também pela abertura da trama do tecido para que a limpeza seja mais eficiente;

**c) Sequestrantes:** São substâncias que aprisionam os metais ou sais de dureza da água para evitar o desgaste do tecido e melhorar a eficiência dos tensoativos;

**d) Suspendedentes:** Estes compostos atuam distorcendo a estrutura de modo que a sujeira fique suspensa na água, evitando que ela volte a depositar no tecido limpo;

**e) Branqueantes ópticos:** Essas substâncias absorvem radiações ultravioletas e emitem radiações na região visível do espectro, mascarando o tom amarelado que pode aparecer em tecidos brancos;

**f) Alvejantes:** Pode ser considerada qualquer substância com ação química, oxidante ou redutora, que exerce ação branqueadora, além da ação antimicrobiana.

Conforme definido na Lei nº 9.782 de 1999 a unidade de processamento de roupas está sujeita ao controle sanitário pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária – SNVS, pois a eficiência de seu funcionamento garante a redução de riscos à saúde dos usuários, trabalhadores e meio ambiente, concernentes às tecnologias utilizadas, materiais, insumos e processos aplicados.

Um bom sistema de processamento opera com uma sequência de atividades ordenadas através de ação mecânica, temperatura, dosagem de produtos químicos e tempo de contato. Além de promover a remoção de sujidade, desinfeta as roupas, preservando as características do tecido e proporcionando um trabalho seguro, eficiente e econômico.

Cada etapa está detalhada a seguir, conforme a ANVISA (2009):

**a) Umectação (pH neutro):** Consiste em facilitar a penetração da solução e a remoção de sujeiras, através da quebra de tensão superficial existente entre a água e o tecido. Água em temperatura ambiente;

**b) Pré lavagem (alcalina):** Tem como função emulsionar as gorduras ácidas, dilatar as fibras dos tecidos para facilitar a penetração da solução e remoção de sujidades. Água com temperatura de até 40°C;

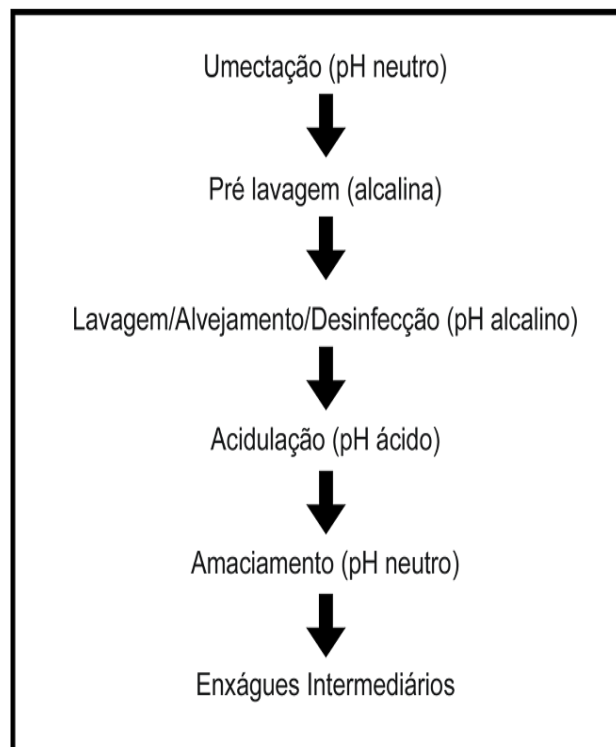
**c) Lavagem/Alvejamento/Desinfecção (pH alcalino):** processo de ordem física (mecânica, temperatura e tempo) e química (detergência, alvejamento) remove as sujeiras e manchas mais resistentes (de medicamentos e sangue) e desinfeta – temperatura: observar o alvejante utilizado no processo;

**d) Acidulação (pH ácido):** O processo de acidulação tem como finalidade a remoção da alcalinidade residual dos produtos da pré-lavagem, lavagem e alvejamento, por meio da adição de um produto ácido ao último enxágüe;

**e) Amaciamento (pH neutro):** Consiste em adicionar um produto que contém ácidos graxos em sua composição para realinhar as fibras, preservando-as, além de deixar um aroma suave na roupa e evitar o enrugamento do tecido;

**f) Enxágües Intermediários:** Se necessário, é responsável pelo máximo possível de remoção da sujeira emulsionada pelos produtos químicos – temperatura ambiente.

**Figura 8 - Etapas de Lavagem**



Fonte: Próprio autor.

Durante o processo de lavagem, a água é indispensável na eficiência do resultado. Por isso no Manual de Processamento de roupas de serviços de saúde, desenvolvido pela ANVISA (2007), é estabelecido que a qualidade da água fornecida pelos serviços públicos ou fontes alternativas deve atender aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos pré-estabelecidos pela Portaria/MS nº. 518, de 25 de março de 2004.

**Quadro 7 - Parâmetros recomendados para água de lavagem de roupas hospitalares**

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores Máximos</b>
<b>Dureza (mg/L)</b>	100
<b>Ferro (mg/L)</b>	0,3
<b>Manganês (mg/L)</b>	0,05
<b>pH</b>	6,5 a 9
<b>Cor Aparente</b>	15
<b>Turbidez</b>	5
<b>Aspecto</b>	Límpida e sem matérias em suspensão
<b>Alcalinidade Livre</b>	Nula
<b>Alcalinidade Total (mg/L)</b>	150 a 200
<b>Cloretos (mg/L)</b>	250
<b>Sulfato (mg/L)</b>	250
<b>Cobre (mg/L)</b>	1
<b>Bacteriológico</b>	Ausência em 100 mL

Fonte: Anvisa (2009).

Para o reuso deste efluente gerado na lavanderia hospitalar, os critérios a serem considerados devem ser norteados na proteção da saúde dos pacientes e funcionários do hospital (caso seu reaproveitamento seja interno) (BUONO, 2018). As qualidades físicas, químicas e microbiológicas como fatores que limitam a aceitabilidade da água para reuso e ao meio ambiente atendendo também os órgãos de controle.

## 2.9 EFLUENTE HOSPITALAR

No Brasil, os efluentes hospitalares são regulamentados para que seu lançamento possa ir diretamente à rede coletora de esgotos. Em casos nos quais não há rede de saneamento para coleta, este descarte pode ocorrer diretamente nos cursos d'água com tratamentos prévios. Para os efluentes hospitalares, a Resolução CONAMA nº 358/2005 estabelece as condições e padrões de lançamento para a rede pública de esgoto ou a um corpo receptor.

As sujidades mais esperadas nas roupas hospitalares são traços de sangue, fezes, urina, secreções, medicamentos e outras provenientes do uso não correto em algumas atividades, como, por exemplo, graxa, polimento, cola de adesivos, etc.

Para Guilherme (1994) os efluentes residenciais teriam características semelhantes às dos esgotos hospitalares, porém mais diluídos. De acordo com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (2003) os efluentes hospitalares possuem pouca diferença dos efluentes domésticos em relação à quantidade de matéria orgânica (DQO, DBO), metais e pH. No entanto, a presença de substâncias químicas como drogas, fármacos, e desinfetantes nas águas residuárias hospitalares são maiores.

Os esgotos hospitalares são constituídos principalmente de água com concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos suspensos e dissolvidos (BUONO, 2018). Ahmad e Eldessouky (2008) caracterizam os efluentes da lavanderia como uma mistura complexa de substâncias químicas como os solventes, amônia, detergente, entre outras substâncias orgânicas ou inorgânicas, provenientes da sujeira das roupas e outros poluentes químicos empregados nos processos de lavagem.

Muitas dessas substâncias são tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas. As águas residuais de hospitais apresentam uma fonte incontestável de agentes citostáticos (fármacos para tratamento de câncer), medicamentos, metais entre outros (PRADO, 2007; GAUTAM *et al.*, 2006).

Quando em altas concentrações, esses fluidos podem interferir na demanda bioquímica de oxigênio, devido às proteínas elevadas (CDC, 2003). Vírus, bactérias, protozoários e helmintos podem estar presentes no esgoto bruto (PESCOD, 1992).

Reinthaler *et al.* (2003) e Constanzo *et al.* (2005) citam que no efluente hospitalar as concentrações de microrganismos potencialmente patogênicos, mais resistentes a antibióticos, aparecem em concentrações maiores do que quando comparados a outras fontes geradoras. Há também um maior número de antibióticos como: sulfametoxazol, trimetoprim, ciprofloxacina, ofloxacina, lincomicina e penicilina (BROWN *et al.*, 2005).

Segundo Emmanuel (2005), nos estabelecimentos hospitalares, efluentes e esgotos podem ser classificados de três formas. No Quadro 8 é apresentado um resumo das principais características.

**Quadro 8 – Potenciais compostos nos Efluentes Gerados no Hospital**

<b>Setores</b>	<b>Características dos Efluentes Gerados</b>
<b>Quarto de Internações</b>	AOX (Organo-Halogenados Adsorvíveis ). Produtos Farmacêuticos. Desinfetantes.
<b>Laboratório de Análises médicas</b>	Mercúrio iônicos e compostos de organomercúrio .Outros metais. Compostos orgânicos:Sangue e excreções. Formaldeído, minerais diluídos ácidos/bases Fosfatos, AOX, óleo e graxas e materiais particulados.
<b>Lavanderias</b>	Matéria orgânica: particulados, proteínas (produto do sangue), amido, gorduras, óleos e graxas, detergentes. Produtos farmacêuticos. AOX (Desinfetantes e alvejantes). pH extremos (detergentes alcalinos e ácidos sanitizantes).

Fonte: Hoag (2008)

Segundo Gils *et al.* (1985) apud Mancuso e Santos (2003) a composição típica de um efluente de lavanderia industrial pode ser representado no Quadro 9:

**Quadro 9 - Características do efluente de lavanderias industriais**

<b>Parâmetro</b>	<b>Composição (mg/L)</b>
DBO	1.300
DQO	5.000
Sólidos Suspensos	1.000
Óleos e graxas	1,1
Chumbo	4,5
Zinco	3,0
Cobre	1,7
Cromo	0,88
Níquel	0,29

Fonte: Gils et al. (1985) apud Mancuso e Santos (2003)

No Quadro 10, Noronha (2002) apresenta características do efluente provindo da lavanderia de um hospital em Santarém, Portugal.

**Quadro 10 - Parâmetros do Efluente de Lavanderia Hospitalar em Portugal**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
pH	7,94	Zinco (mg/L)	0,77
SST (mg/L)	16,8	Cádmio (mg/L)	<0,005
DBO (mg/L)	60,0	Chumbo Total (mg/L)	0,03
DQO (mg/L)	260,0	Níquel (mg/L)	<0,03
Óleos e Gorduras (mg/L)	748,0	Fenóis (mg/L)	0,01
Nitrogênio Total (mg/L)	4,0	Detergentes (mg/L)	<0,14
Fósforo Total (mg/L)	5,0	Col.Totais (/100 ml)	>16000
Alumínio (mg/L)	0,23	Col.Fecais (/100 ml)	>16000
Bário (mg/L)	0,6	Prata (mg/L)	<0,04
Mercúrio (mg/L)	0,78		

Fonte: Noronha (2002).

Visando atender o controle de transmissão de infecções, a lavanderia além de ser local receptor e distribuidor de germes, particularmente representa um grande problema para os sistemas de tratamento, tendo em vista todos os saneantes, produtos químicos, fármacos e matéria orgânica, os quais foram citados anteriormente, sendo descartados na rede coletora (DICHTL, 2004).

Com intuito de promover um serviço de saúde com higiene e segurança, a qualidade do efluente gerado nas lavagens de roupas hospitalares depende da quantidade de produtos químicos utilizados, sujeiras provenientes das roupas, e a água de entrada utilizada na lavagem (ANVISA, 2009).

Diante deste cenário, os sistemas de reúso a partir do efluente gerado na lavanderia constituem numa ferramenta de gestão muito eficiente e extremamente importante para assegurar a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea (NAVACHI, 2002).

Segundo Rebêlo (2011), existem diversas formas de tratar o efluente para que o mesmo se torne próprio para reúso, porém o objetivo do tratamento de esgotos é a remoção dos sólidos, cargas orgânicas e organismos patogênicos, atendendo a padrões que assegurem sua qualidade e esteticamente esteja adequada para o reúso.

## 2.10 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA

Os efluentes gerados em lavanderias hospitalares podem apresentar uma grande variação na sua composição e representam um desafio na escolha dos tipos de tratamento. A prática de segregação dentro dos processos de lavagens poderia viabilizar um reúso mais simplificado, no entanto, a definição do sistema de tratamento depende das características das águas residuais, da finalidade de aplicação e das tecnologias disponíveis (NAVACHI, 2002).

Devido a grande demanda desses sistemas de tratamentos de águas residuárias, surgiram várias tecnologias que para Friedler et.al (2005) podem ser caracterizados em quatro categorias, conforme ilustra o quadro 11:

**Quadro 11 – Classificação dos tipos de tratamento de Efluentes**

<b>Tipo de Tratamento</b>	<b>Etapas</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Remoção de Nutrientes</b>
<b>Simple</b>	Tratamento Preliminar	Gradeamento, Peneira, Decantação, Flotador, Filtração	Os processos físico-químicos são aplicados sempre quando se deseje remover substâncias indesejáveis ou retirar um determinado produto de uma mistura.
<b>Tratamento Físico - Químico</b>	Tratamento Terciário	Decantação, Filtração, Coagulação, Eletrocoagulação, Fotocatálise, Floculação, Precipitação Química, Adsorção, Troca Iônica	Remoção de N e P. Volatilização NH <sub>3</sub> , Desinfecção, Separação de produtos leves e pesados.
<b>Biológico</b>	Tratamento Secundário	Filtro biológico aerado, rotação de biológicos e biorreator de membrana, Lodos Ativado, Lagoas de Estabilização, Processo anaeróbico	Volatilização NH <sub>3</sub> , Precipitação de fosfatos, Remoção de Nitrogênio, Desinfecção.
<b>Tecnologias Recentes</b>	Construção de wetlands, Reator com biofilme em leito móvel, Sistema MBR.		

**Fonte:** Adaptado de Friedler et.al (2005).

Segundo a EPA (2000) o sistema de tratamento de águas cinzas mais utilizado é uma combinação dos métodos que incluem processos simples, físico-químicos e biológicos. No entanto, é necessário que as características quantitativas e qualitativas deste efluente sejam conhecidas, para garantia do projeto e construção de estações de tratamento com garantia de eficiência na remoção de

compostos, atendendo às expectativas dos usuários, e principalmente não trazendo riscos à saúde.

## 2.11. FILTRAÇÃO

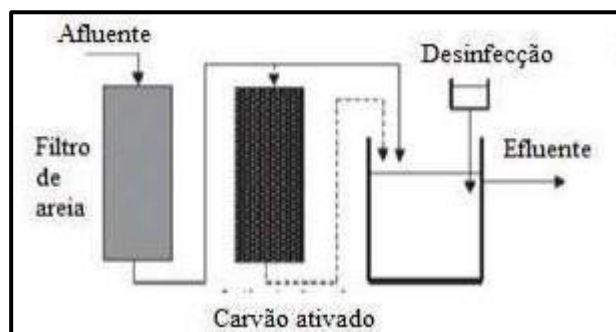
É um processo de separação mecânica de sólidos em suspensão de líquidos existentes por meio de materiais porosos (BASTOS; AFONSO, 2015). Esse sistema de tratamento físico pode ser dividido em duas subcategorias: Filtros de areia e Membranas.

**Filtros de areia:** Suas primeiras construções consistiam apenas em areia, e era chamado de Filtro de camada única. Com o avanço da tecnologia, surgiram filtros de camada dupla. Esses filtros possuem uma camada de areia de sílica, depois uma camada de antracito que garantem uma taxa de filtragem mais eficiente e uma notável remoção de turbidez da água (REZENDE, 2016).

Para Souza (2018), além da camada com sólidos, o filtro pode ou não precisar de uma camada de retenção, chamada camada de suporte cujo objetivo é garantir que as partículas de areia e carvão não vazem do filtro para o fundo falso. Dentro deste contexto, PIDOU et al. (2007), define que os filtros são usados somente em combinação com desinfecção ou com carvão ativado e desinfecção

Assim, visando tratamento e reutilização segura dos efluentes gerados em lavanderia hospitalar, o filtro de areia pode ser utilizado quando se deseja um sistema de pós-tratamento também simplificado. Seu funcionamento baseia-se na aplicação intermitente de afluente sobre a superfície de um leito de areia por meio de uma tubulação de distribuição. Durante a infiltração do líquido incide a purificação por mecanismos físicos, químicos e biológicos (AUSLAND et al., 2002).

**Figura 9** - Modelo do sistema com filtro de areia

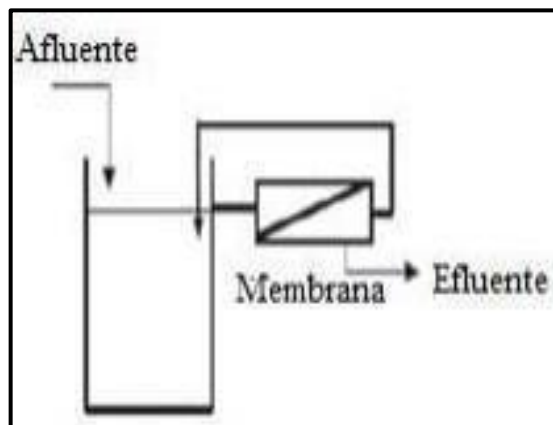


Fonte: Pidou et al. (2007).

A NBR 13.969 (ABNT, 1963) também aponta as precauções necessárias para a manutenção do filtro de areia. Recomenda-se raspar e remover o material depositado na superfície do filtro e a camada de material do filtro de cerca de 2 a 5 cm. Essa camada removida do material responsável pela filtração deve ser substituída imediatamente por outra camada com as mesmas características.

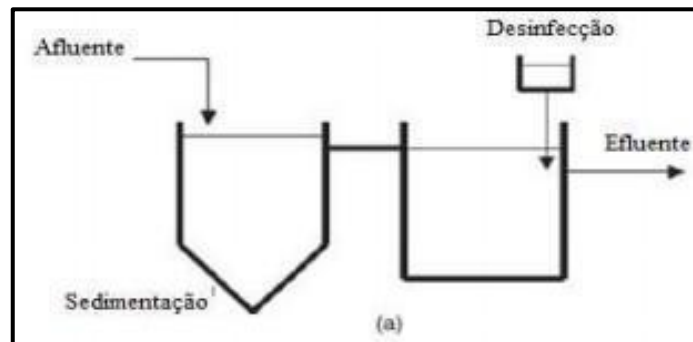
**Filtros de membranas:** Este tratamento surgiu com o avanço das tecnologias, e são estruturados a partir de diversos tipos de polímeros, tais como: PVDF (Fluoreto de Polivinilideno), o PTFE (Politetrafluoretileno), PES (Polietersulfona), PAN (Poliacrilonitrila), etc. Suas vantagens vão além dos filtros convencionais, por causa do alto poder de retenção que as variadas dimensões de poros proporcionam. Estes poros servem tanto para separar partículas como para fraccionar moléculas de diferentes massas molares (Figura 13).

**Figura 10 - Sistema de filtração por membrana**



Fonte: Pidou *et al.* (2007).

De acordo com esses princípios, uma prática convencional no tratamento de águas cinza é geralmente um sistema de dois estágios, que se baseia em filtração grossa ou sedimentação para remover sólidos maiores e depois a desinfecção. Em alguns casos há a inclusão de filtros grossos ou tanques de sedimentação onde os regulamentos permitem a reutilização de água cinza tratada para irrigação subterrânea (PIDOU *et al.*, 2007; REZENDE, 2016).

**Figura 11 - Esquema dos sistemas de filtração**

Fonte: Pidou *et al.*, (2007).

### 2.11.1 Classificação do Processo de Filtração

Para o correto dimensionamento e manutenção dos filtros, é essencial o conhecimento dos processos realizados pelo meio filtrante. Estas orientações garantem um desempenho superior e ações que contribuem na redução de obstrução de emissores, na uniformidade de aplicação de água e nos custos de operação do sistema (TESTEZLAF, 2008).

**Quadro 12 – Processo de Filtração**

Classificação	
<b>Tipo de Filtração</b>	Filtração em Membrana. Filtro Lento, Filtração rápida, Filtros de camada profunda.
<b>Tratamento</b>	Filtração convencional, Filtração direta, Filtração em Linha.
<b>Sentido de Escoamento</b>	Filtração descendente, Filtração ascendente.
<b>Meio Filtrante</b>	Camada Simples, Dupla camada, Tripla Camada.

Fonte: Adaptado de Piveli e Ferreira Filho (2002).

### 2.11.2. Materiais Filtrantes

Outro fator é a escolha correta do elemento filtrante. Sua eficiência é determinada por esse fator, pois o uso de areias muito grossas podem resultar em

filtração ineficiente e permitir o entupimento dos emissores, enquanto areias muito finas podem entupir rapidamente seus poros e requerer retrolavagens frequentes (TESTEZLAF, 2008).

Neste sentido, o quadro 13 representa os valores para os diferentes tipos de camadas filtrantes.

**Quadro 13 – Classificação dos Materiais Filtrantes**

<b>Meio Filtrante</b>	<b>d<sub>10</sub> (mm)</b>	<b>C.U.</b>	<b>Altura (m)</b>
<b>CAMADA ÚNICA</b>			
Areia	0,45-0,55	<1,6	0,60-0,80
Areia	0,80-1,20	<1,5	1,20-1,80
Antracito	1,1-1,5	<1,5	1,20-1,80
<b>AREIA-ANTRACITO</b>			
Areia	0,45-0,55	<1,6	0,15-0,30
Antracito	0,90-1,10	<1,8	0,30-0,60
<b>AREIA-ANTRACITO-GARNET</b>			
Areia	0,45-0,55	<1,6	0,15-0,30
Antracito	0,90-1,10	<1,8	0,30-0,60
Garnet	0,20-0,30	-----	0,10-0,15

## 2.12 DESINFECÇÃO

A desinfecção é um passo extremamente importante, cujo objetivo é sempre eliminar ou inativar microorganismos. No Brasil, a desinfecção visa a redução de coliformes totais e coliformes fecais (indicador de contaminação por excrementos humanos). Porém, seus parâmetros restritivos dependem do destino em que estas águas serão aplicadas (REZENDE, 2016).

De acordo com a especificação da NBR 13.969 “Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem sofrer desinfecção”. De acordo com Pianowski, Janissek (2003) desde o início de 1910, o cloro tem sido quase universalmente usado para desinfecção de esgotos, portanto, o desenvolvimento do processo de cloração, por volta da década de 1970, trouxe a ênfase para padrões de qualidade com aplicação na reutilização de águas residuais.

Dois métodos alternativos de cloração são propostos: o método de cloração por gotejamento de hipoclorito de sódio através do alimentador elétrico (pode ser ajustado manualmente) ou o método usando comprimidos de hipoclorito de cálcio, que não requerem muita operação e manutenção.

### 2.13 CORREÇÃO DE pH

Após várias etapas de tratamento da água (coagulação, desinfecção) este parâmetro pode necessitar de uma correção a fim de evitar que os tubos e equipamentos possam sofrer corrosão ou incrustação nos tubos e peças de abastecimento de água (OLIVEIRA, 2004).

Essa medida para manutenção e regularização dos processos hidrológicos, pode ser realizada dentro do espaço hospitalar, inicialmente tratando o efluente e, de acordo com os padrões de qualidade, reutilizando em outras áreas com finalidades não nobres. Uma alternativa é a instalação de um sistema de recarga, que após o tratamento, a água será canalizada até uma caixa de infiltração, e numa segunda etapa de filtração (através do solo) proporcionará um aumento na oferta de água no aquífero recarregado (CARRERA-HERNÁNDEZ; SMERDONB; MENDOZA, 2012).

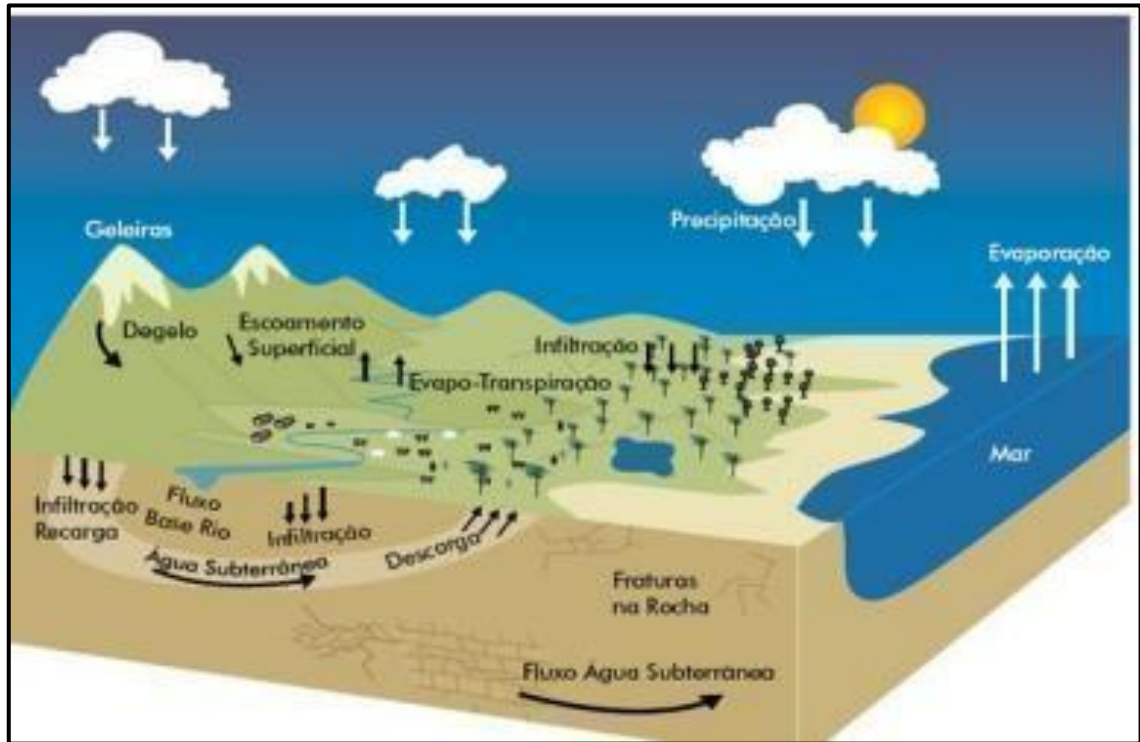
### 2.14 RECARGA NATURAL

A exploração contínua de recursos hídricos pode provocar variações no nível d'água, pois a quantidade disponível para extração é dependente da reposição da água extraída (MAZIERO; WENDLAND, 2005). Segundo Caria (2012) o termo recarga é usado para o processo de reposição da água nos aquíferos; para Bertol (2007) é o volume de água que contribui para o aumento da reserva subterrânea (permanente ou temporário) e, para ambos, zona de recarga é a área onde ocorre essa realimentação ou renovação hídrica.

Na definição de Fiorillo *et.al* (2015) a recarga natural é a água que infiltra o solo até os sistemas aquíferos. No ciclo hidrológico, a precipitação de água é responsável por cair diretamente na superfície terrestre e infiltrar-se. Parte deste volume precipitado evapora-se, outra é absorvida pelas plantas e evapotranspira, ou

escoa em direção à zona saturada sub-superficial que pode também ser entendida como recarga (ROSEIRO, 2009).

**Figura 12** - Ciclo hidrológico



Fonte: Brasil (2007).

No ciclo hidrológico, para Barry e Chorley (2013) os processos de precipitação, infiltração de água no solo, escoamento na superfície, transpiração e abastecimento de rios, córregos e nascentes estão em constante movimentação e promovem a recarga natural. Moura (2004) define duas causas principais para o abastecimento natural em áreas sob influência dos aquíferos: a precipitação pluviométrica e a presença de formações geológicas. Esses fatores combinam corpos d'água que infiltram e transferem água subterrânea em solos arenosos ou em fraturas rochosas.

Dessa forma, os aquíferos são abastecidos de forma natural, sem intervenção humana, através das águas pluviais que infiltram e ficam armazenadas no solo ou nas rochas. Em muitos casos há interconexões entre rios ou lagos, e a água pode fluir de um para o outro, dependendo da permeabilidade do leito do rio ou a carga potenciométrica entre rio e aquífero (FEITOSA, 2000).

Quando as intervenções humanas ocorrem neste espaço por meio de impermeabilizações ou desmatamento, o processo de recarga natural fica comprometido e, conseqüentemente, o ciclo hidrológico (MONTERO et al, 2016).

As águas superficiais, como rios, lagos ou canais também são responsáveis por infiltrar água no solo de maneira contínua ou intermitente. No entanto, a escassez por água de boa qualidade tem influenciado outras formas de garantir a qualidade de vida das populações, através dos processos induzidos por atividades antrópicas, como a irrigação e urbanização (ANA, 2012).

Segundo Diamantino (2005) a recarga de aquíferos pode ocorrer de várias formas além do método natural, através de infiltração facilitada, artificial, induzida e acidental. A seguir serão descritas formas que contribuem para reutilização de água a fins de infiltração no solo em espaço urbano.

## 2.15 RECARGA ARTIFICIAL

A significativa exploração de água em taxas superiores a capacidade de recarga natural ocasiona um desequilíbrio no abastecimento subterrâneo, levando ao rebaixamento na potencimétrica aquífera, intrusão salina em regiões litorâneas, vulnerabilidade a contaminações e até o esgotamento do recurso (HESPANHOL, 2003).

Na tentativa de minimizar os efeitos dessa dependência sobre os recursos hídricos e os impactos a ela causados, a recarga artificial é uma importante ferramenta para a gestão da recarga de aquíferos, podendo ter diferentes origens, como exemplo água de chuva captada de áreas cobertas, água dessalinizada, água de estações de tratamentos, entre outras (DILLON, 2005)

Os fatores climáticos e físicos, como os tipos de solo, cobertura vegetal, constituição geológica, relevo e declividade são determinantes na regulação e disponibilidade da precipitação pluviométrica (CARRERA-HERNÁNDEZ; SMERDONB; MENDOZA, 2012). Outras condições, como origem da água, aspectos legais e econômicos, uso e ocupação do solo, devem ser considerados na escolha do método de recarga artificial.

Para Poehls e Smith (2009) a transferência intencional de água superficial através de um conjunto de técnicas para dentro do aquífero, entende-se como

recarga artificial. De acordo com o IBAMA (2014) esta medida tem potencial para melhorar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos por meio de processos em que as estruturas artificiais têm o objetivo de conter alguns efeitos no espaço urbano, por exemplo, disciplinar enxurrada, escoamento e favorecer a infiltração local da água no solo.

Fetter (1994) define que a recarga artificial é qualquer processo, planejado ou não, que induza infiltração ou injeção de água nos aquíferos. Através da hidrogeologia e a engenharia de recursos hídricos, a recarga artificial de aquíferos tem a capacidade de aumentar a disponibilidade de água subterrânea, de resolver situações críticas, específicas ou não, e incrementar reservas hídricas (HESPANHOL, 2003).

Embora a água seja um recurso natural renovável, a institucionalização e os sistemas políticos são necessários para sua utilização. Neste modelo, os impactos dos tópicos legais refletem no potencial de racionalização pública e na garantia de disponibilidade de água para uso no futuro (HESPANHOL, 2003).

### **2.15.1 Recarga de Aquíferos - Resolução CNRH nº 153/2013**

Do ponto de vista legal do Brasil, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), incumbiu às entidades do SINGREH o papel de orientar os municípios na adoção de práticas de reuso e de recarga artificial. Posteriormente, por meio da resolução nº 153 de 17 de dezembro de 2013, definiu critérios e diretrizes para a implantação de recarga artificial de aquíferos no território brasileiro.

O conceito de recarga artificial foi regulada no art.º2 como “introdução não natural de água em um aquífero, por intervenção antrópica planejada, por meio da construção de estruturas projetadas para este fim”. No artigo 4º, esse procedimento é indicado com a finalidade de:

- a) armazenar água para garantia da segurança hídrica;
- b) estabilizar ou elevar os níveis de água em aquíferos regularizando variações sazonais;
- c) compensar efeitos de superexploração de aquíferos;
- d) controlar a intrusão salina;
- e) controlar a subsidência do solo.

Ainda segundo a lei, é necessário que haja uma autorização da entidade ou órgão gestor estadual de recursos hídricos, bem como a realização de estudos que atestem sua viabilidade técnica, econômica, sanitária e ambiental (art. 5º). Após a implementação do sistema de recarga artificial, no art. 9º é definido ao responsável legal que mantenha um Registro de Comportamento do Sistema que incluiu as seguintes informações básicas:

- a) os volumes de água utilizados por tipo de recarga;
- b) a taxa de infiltração ao longo das operações e a quantidade total infiltrada;
- c) o monitoramento da qualidade da água de recarga e da água do aquífero recarregado;
- d) o monitoramento da variação do nível potenciométrico;
- e) os registros de precipitação e evaporação na área;
- f) os efeitos da recarga em mananciais de abastecimento, na sua área de influência.

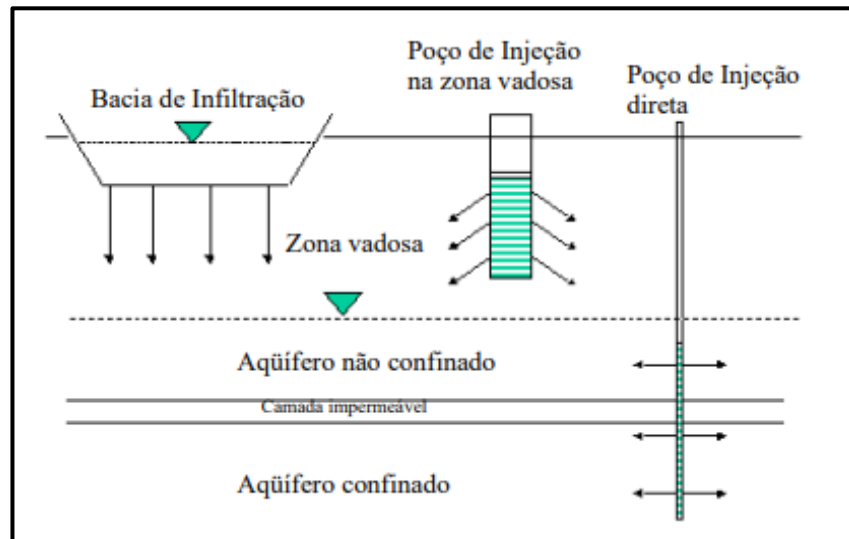
Dessa forma é importante que, ao propor um sistema de reutilização de águas residuárias, a qualidade da água seja adequada aos usos pretendidos e a recarga não comprometa a qualidade das águas do aquífero.

## 2.16 MÉTODOS DE RECARGA ARTIFICIAL

Em aquíferos livres, as técnicas mais utilizadas para recarga artificial, segundo Poehls e Smith (2009) são bacias de infiltração ou de recarga, e em aquíferos confinados é por injeções diretas em poços, conforme esquematizado na figura 10. Quando a água de reuso é direcionada a essas técnicas de reabastecimento subterrâneo, é necessário que o efluente tratado esteja adequado aos parâmetros de reuso para recarga de aquíferos (LIGHT, 2000).

Cadamuro e Campos (2005) citam que a injeção de água por poços tubulares é referente à recarga artificial direta e em caixas de infiltração no solo, como recarga artificial indireta.

**Figura 13 - Métodos de recarga artificial**



Fonte: Fox (1999).

### 2.16.1 Poços de injeção

Diamantino (2005) explica que a recarga artificial planejada tem a finalidade de aumentar a quantidade de água subterrânea em qualquer formação permeável que tenha condições de infiltrar e armazenar água, ou facilitar a percolação das águas superficiais através de furos de injeção.

Neste caso, os poços de injeção ou de recarga são o método capaz de atingir os aquíferos profundos (GRÜTZMACHER; KUMAR, 2012). Estes poços apresentam altas taxas de recarga, podem ser perfurados de acordo com a tecnologia utilizada (verticalmente, horizontalmente ou radialmente) e impedem reações entre água, solo ou minerais existentes na zona não saturada (SEWRPC, 2006).

De acordo com as definições adotadas no projeto, a recarga de aquífero por meio de poços requer investimentos significativamente elevados, visto que será necessário uma construção específica para esta finalidade e a escolha de um tratamento de efluente eficiente, que garanta e proteja a qualidade da água do aquífero (Hespanhol, 2003). Para Diaz *et al.* (2000) os poços de injeção ou de recarga são os mais utilizados nos casos em que a ocupação dos terrenos restringe a aplicação de outros métodos, quando há objetivo de atingir grandes profundidades.

### **2.16.2 Infiltração por bacias ou canais de infiltração**

Moura (2004) define bacias ou canais de infiltração como o método mais simples, antigo e amplamente empregado para recarga de aquíferos. Esta prática consiste na descarga de água em bacias rasas escavadas no solo, sem a presença de níveis impermeáveis na zona vadosa e em áreas que disponham de topografia favorável, com moderada a elevada condutividade hidráulica.

A recarga com esse método é indicada para aquíferos livres, mas é necessária a verificação de áreas contaminadas na zona não saturada (FETTER, 2001). De acordo com Barbosa e Mattos (2008) é comum nesse tipo de sistema que, após um tempo de implantação, as taxas de infiltração sejam reduzidas, devido à “colmatação das paredes e do fundo da bacia por sedimentos finos e atividade biológica”.

Quando se utilizam efluentes, ou até mesmo uma água de baixa qualidade, esse sistema favorece um tratamento através da infiltração (filtração no solo) além da recarga. Inicialmente um grande volume de água é introduzido em uma pequena área, o que resulta no alteamento do nível freático.

Devido às condições de topografia, podem ser projetadas bacias de infiltração longas e estreitas, conhecidas também como valas, sulcos ou canais. Estas possuem larguras inferiores a sua profundidade, e podem se adaptar às condições geológicas do terreno (BARBOSA; MATTOS, 2008).

### **2.16.3 Valas de infiltração**

Segundo ABNT (1997) a vala de infiltração é uma vala escavada no solo, destinada à depuração e disposição final do esgoto na subsuperfície do solo sob condição essencialmente aeróbia, contendo tubulação de distribuição e meios de filtração no seu interior.

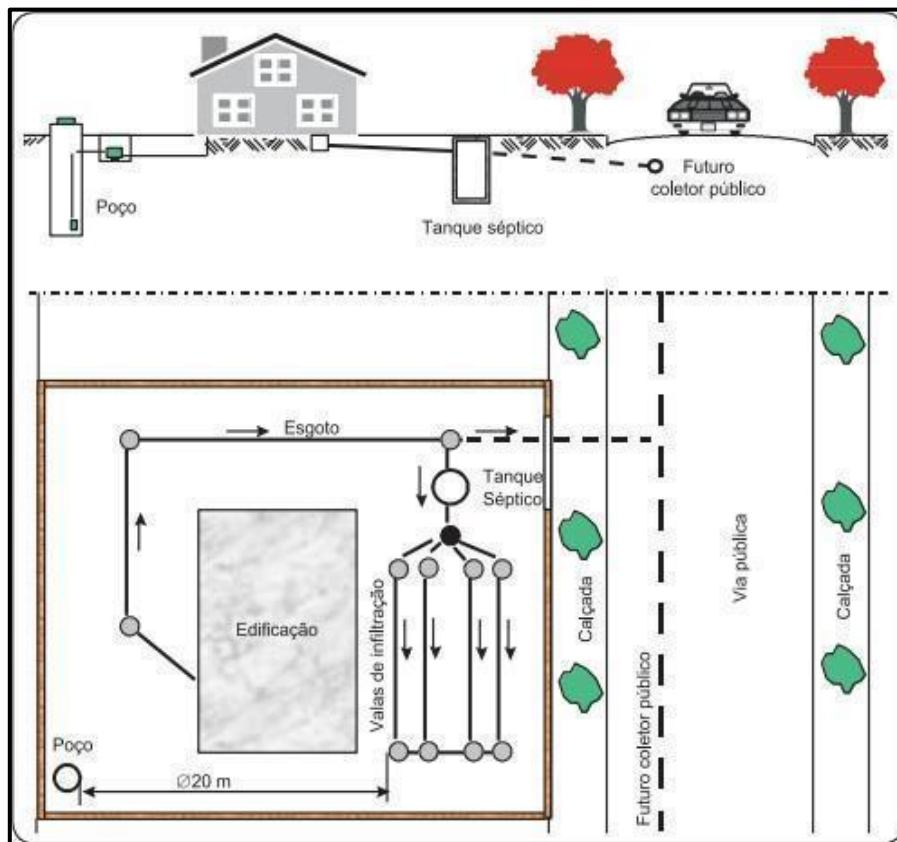
O sistema de vala de infiltração consiste em um conjunto de canalizações assentado a uma profundidade determinada, em um solo cujas características permitam a absorção do esgoto efluente do tanque séptico. A percolação do líquido através do solo permitirá a mineralização dos esgotos, antes que os mesmos se transformem em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície. A

área por onde são assentadas as canalizações de infiltração também são chamados de “campo de nitrificação” (c).

De acordo com as definições no Onsite Wastewater Treatment Systems Manual (2002) são usadas em paralelo à ruas, estradas, estacionamentos e casas concentrando um fluxo da área adjacente e criando condições para a infiltração ao longo de seu comprimento.

A norma ABNT 7.229/1993 menciona que a vala de infiltração pode ser utilizada para disposição final do efluente líquido do tanque séptico doméstico em locais com boa disponibilidade de área para sua instalação e com remota possibilidade presente ou futura de contaminação do aquífero (Figura 14). O número máximo instalável de sistema tanque séptico vala de infiltração deve ser limitado a 10 unidades/ha. Deve ser mantida uma distância mínima vertical entre o fundo da vala de infiltração e o nível máximo da superfície do aquífero de 1,5 m.

**Figura 14 - Sistema de valas de infiltração**



Fonte: Manual de Saneamento FUNASA (2015).

### **2.16.3.1 Dimensionamento das valas de Infiltração**

Segundo a ADASA (2015), valas de infiltração são sistemas alternativos quando não existe disponibilidade de terreno suficiente para a construção de bacias de infiltração. Uma vala pode ser descrita como uma trincheira longa e estreita, sendo a sua largura inferior a sua profundidade. As valas de infiltração também podem ser construídas em áreas urbanas, sob calçadas, avenidas ou estacionamentos.

A Resolução CONAMA 153 de 2013 (BRASIL, 2014) estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro. Segundo esta Resolução, a Recarga Artificial é a introdução não natural de água em um aquífero, por intervenção antrópica planejada, por meio da construção de estruturas projetadas para este fim;

O Artigo 3º menciona que a recarga artificial pode ser implantada:

I - A partir da superfície, com infiltração de água através de barragens, espalhamento de água, canais, valas, ou a combinação destes;

O Artigo 4º menciona que a Recarga Artificial de Aquíferos poderá ser executada com o objetivo de:

- Armazenar água para garantia da segurança hídrica;
- Estabilizar ou elevar os níveis de água em aquíferos, regularizando variações sazonais;
- Compensar efeitos de superexploração de aquíferos.

Este processo de recarga artificial de água, através das valas de infiltração, é construído de acordo com a definição da norma brasileira NBR 7229/1993 que trata do projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Neste quesito, deverão ser consideradas também as recomendações do Manual de Saneamento da ADASA. Nele consta as seguintes orientações:

- Em valas escavadas em terreno, com profundidade entre 0,60m e 1,00m, largura mínima de 0,50m e máxima de 1,00m, devem ser assentados em tubos de drenagem de no mínimo 100mm de diâmetro;

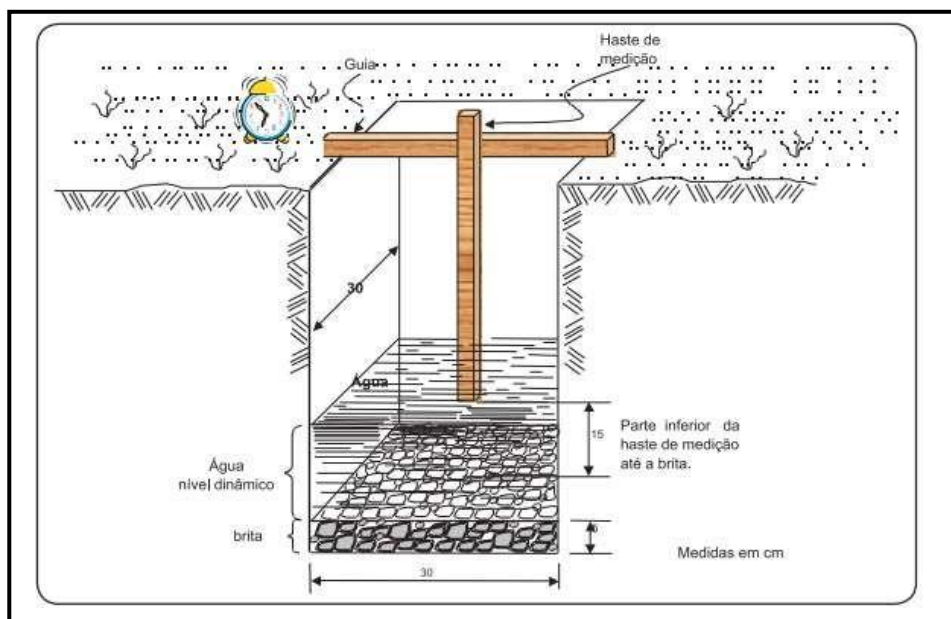
- A tubulação deve ser envolvida em material filtrante apropriado e recomendável para cada tipo de tubo de drenagem empregado, sendo que sua geratriz deve estar a 0,30m acima da soleira das valas de 0,50m de largura ou até

0,60m, para valas de 1,00m de largura.

- Sobre a câmara filtrante deve ser colocado papelão alcatroado, laminado de plástico, filme de termoplástico ou similar, antes de ser efetuado o enchimento restante da vala com terra;
- A declividade da tubulação deve ser de 1:300 a 1:500;
- Deve haver pelo menos duas valas de infiltração para disposição do efluente de um tanque séptico;
- Comprimento máximo de cada vala de infiltração é de 30m;
- Espaçamento mínimo entre as laterais de duas valas de infiltração é de 1,00m;
- A tubulação de efluente entre o tanque séptico e os tubos instalados nas valas de infiltração deve ter juntas tomadas;
- Comprimento total das valas de infiltração é determinado em função da capacidade de absorção do terreno, calculada segundo a Equação  $A=V/Ci$ ;

Para estimar essa capacidade, a NBR 13.969/97 exige que seja efetuado o teste de percolação no solo, cuja finalidade é fornecer o coeficiente de infiltração, o qual é indispensável para o dimensionamento das futuras valas.

**Figura 15 - Teste de infiltração**



Fonte: Manual de Saneamento FUNASA (2015)

Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2015) o coeficiente de infiltração  $C_i$  representa o número de litros que  $1 \text{ m}^2$  de área de infiltração do solo consegue absorver em um dia (Eq.1)

**Equação 1**

$$C_i = \frac{490}{t + 2,5}$$

onde:

$C_i$ :  $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$

$t$ = tempo da infiltração de 1 cm de água (min)

Em seguida para o dimensionamento da área de infiltração necessária, pode ser calculado pela fórmula:

**Equação 2**

$$A = \frac{V}{C_i}$$

onde:

$A$  = Área de infiltração em  $\text{m}^2$

$V$  = Volume de contribuição diária em  $\text{l}/\text{dia}$

$C_i$  = Coeficiente de infiltração ou percolação ( $\text{l}/\text{m}^2 \times \text{dia}$ ) obtido na equação anterior

Para o dimensionamento do comprimento do campo de absorção é representado pela equação 3:

**Equação 3:**

$$\frac{A}{L}$$

Onde:

$A$  = Área encontrada ( $\text{m}^2$ )

$L$  = Largura de 0,6 m

Este comprimento poderá ser subdividido em 3 ramais de distribuição, segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2015), define-se então a equação 4:

**Equação 4:** 
$$\frac{C}{3}$$

Onde:

**C** = Comprimento total

**3** = 3 ramais de distribuição

Desse modo, para estudar um sistema simplificado de tratamento de efluentes e contribuir com futuras discussões, no presente trabalho é levado em consideração o desenvolvimento e aplicação do reuso indireto, onde os efluentes podem ser tratados internamente para a finalidade de infiltração no solo, ou externamente dependendo do interesse e local de uso.

#### **2.16.4 Tratamento solo aquífero – TSA**

Através das condições hidrogeológicas, a infiltração e a percolação de efluentes tratados neste método elimina a necessidade de tratamentos avançados, pois pode-se obter níveis consideráveis de tratamento. Esse sistema é conhecido como Tratamento solo aquífero (Soil-Aquifer Treatment -TSA) e crescentemente vem sendo empregado em diversas partes do mundo (Califórnia, Nevada, Israel e Holanda) (HESPANHOL, 2003).

Hespanhol (2002) também cita que sistemas TSA são, em média, 40% inferiores a de outras metodologias equivalentes. Para ele são considerados alguns fatores hidrogeológicos para as condições ideais:

- a) Solos permeáveis com taxas de infiltração moderadas a elevadas;
- b) Camada não saturada com espessura suficiente para estocar o volume de recarga necessário;
- c) Ausência de camadas impermeáveis que causem excessiva acumulação dos volumes infiltrados antes de atingir a zona saturada do aquífero;

- d) Distribuição granulométrica na camada não saturada superior, que suporte a prática do sistema TSA;
- e) Coeficientes de transmissividade que não causem retenção excessiva de água no aquífero;
- f) Aquífero não confinado.

Essa técnica é capaz de remover poluentes, como compostos orgânicos e inorgânicos e organismos patogênicos devido à capacidade natural do solo, e proporcionar a sustentação dos níveis de aquíferos (SHARMA; KENNEDY, 2016). Assim, é indispensável considerar um monitoramento contínuo do sistema, e as características geológicas locais para dar suporte ao projeto (HESPANHOL, 2003).

Existem vários fatores que podem ser entendidos como os critérios para a escolha das obras de recarga de aquífero, como:

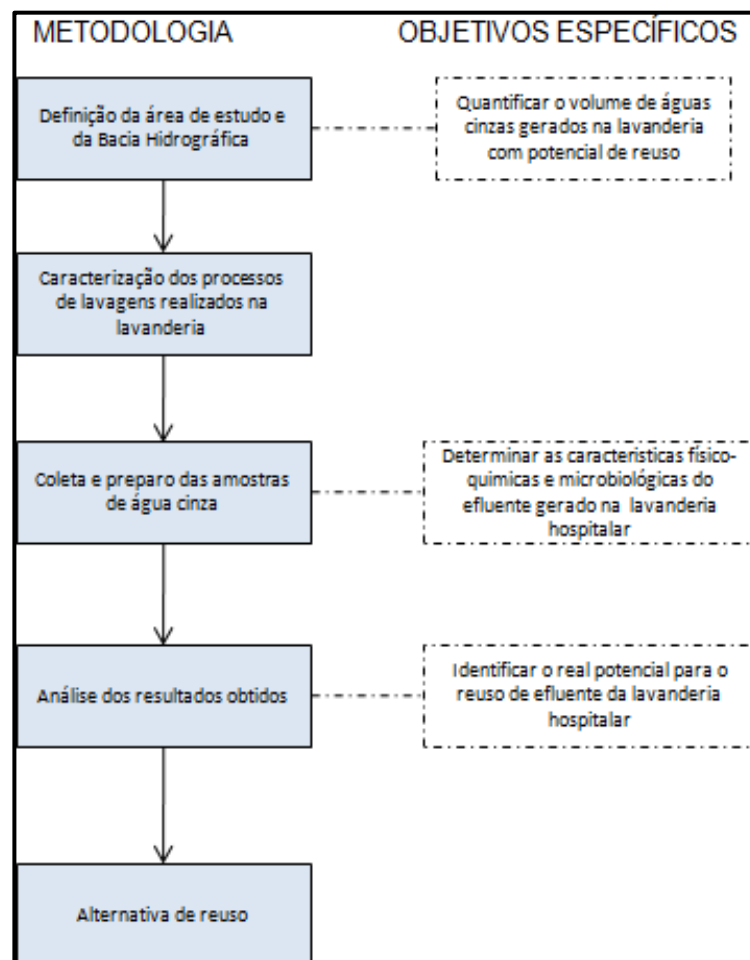
- a) Área da bacia de contribuição a ser controlada
- b) Capacidade de infiltração do solo
- c) Nível do lençol freático
- d) Risco de contaminação de aquífero
- e) Fragilidade do solo à ação da água
- f) Permeabilidade do subsolo
- g) Declividade do terreno
- h) Ausência de exutório
- i) Disponibilidade de área
- j) Presença de instalações subterrâneas
- k) Restrição de urbanização
- l) Afluência poluída
- m) Afluência com alta taxa de sedimentos
- n) Risco sanitário por falha de operação
- o) Risco sedimentológico por falha de operação
- p) Sistema viário adjacente e intensidade de tráfego
- q) Flexibilidade de desenho
- r) Limites de altura ou profundidade das Medidas de Controle

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de implementar o sistema de reuso de águas cinzas provenientes da lavanderia hospitalar, o primeiro passo deste trabalho envolveu conhecer a bacia hidrográfica para análise da demanda e disponibilidade hídrica, e em seguida a área de estudo, incluindo as características do hospital e a rotina da lavanderia, para quantificar o consumo de água e obter uma estimativa da água cinza gerada. Posteriormente, foram coletadas as amostras deste efluente para análise das propriedades físico-químicas e biológicas.

Com base nos resultados obtidos, o potencial de tratamento da água cinza foi avaliado de acordo com parâmetros legais de reuso, e apresentadas alternativas de reuso na instituição. Estas etapas são exemplificadas na figura 16.

**Figura 16 - Fluxograma do trabalho**

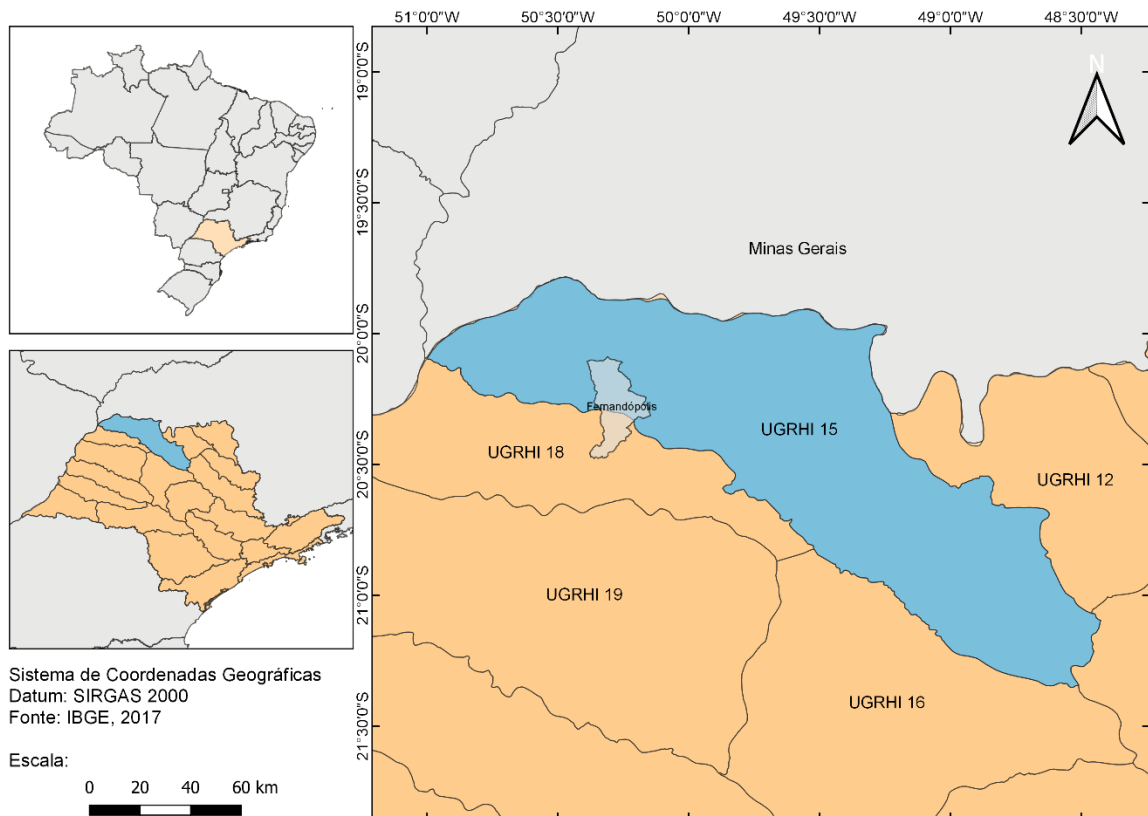


Fonte: Próprio Autor

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Fernandópolis está localizado no noroeste do estado de São Paulo, a 555 quilômetros da capital, a 80 quilômetros da divisa com Minas Gerais, e a 85 quilômetros da divisa com Mato Grosso do Sul. O município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 15 Turvo-Grande) entre 3 sub-bacias: Ribeirão Santa Rita, Água Vermelha/Pádua Diniz e Ribeirão do Marinheiro (Figura 17).

**Figura 17 - Localização do município na UGRHI 15 e no Estado de São Paulo**



Fonte: Modificado de IBGE (2017).

A região hidrográfica do Turvo Grande é composta por 66 municípios e uma população aproximada de 1.220.474 habitantes (CBH TG, 2018). Segundo a Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI, 2012) estão inseridos nas atividades de uso e ocupação dos solos predominantemente nas áreas agrícolas o cultivo de cana-de-açúcar, além da pastagem para criação de bovinos e culturas como laranja, café, banana, uva e seringueira.

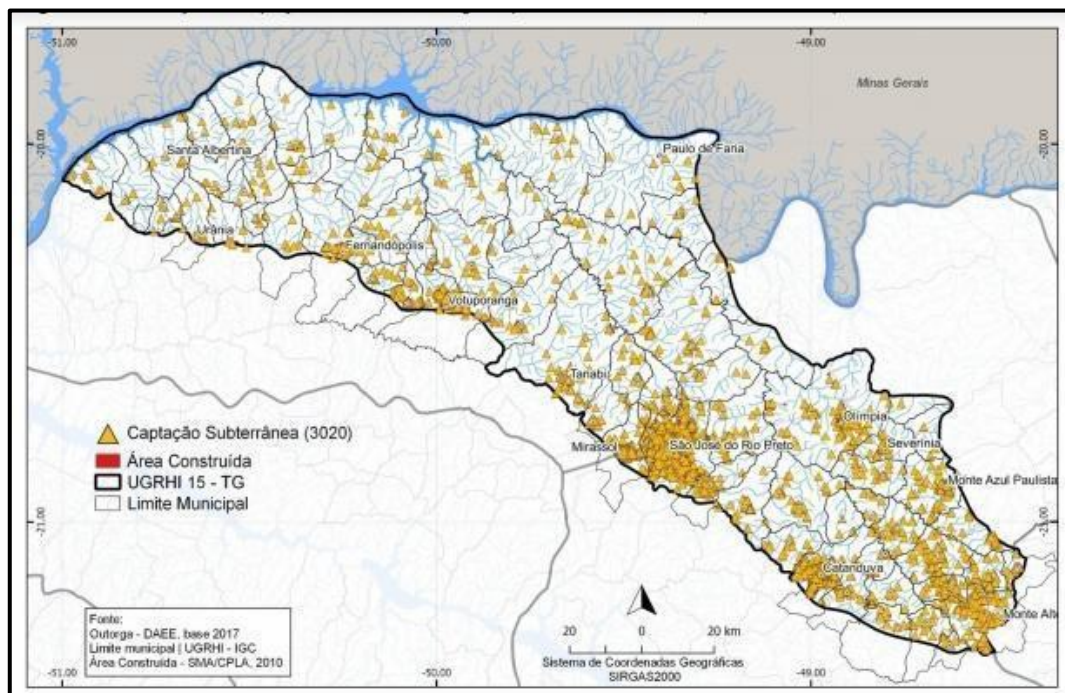
Os segmentos industriais e construção civil exercem dinâmica no espaço, representando o setor secundário, seguido das atividades de comércio, serviços e administração pública.

As unidades geológicas que afloram na área da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande são as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral, as rochas sedimentares dos grupos Caiuá e Bauru, pertencentes à Bacia Bauru, e os sedimentos quaternários, associados à rede drenagem. Estas três unidades aquíferas: Serra Geral, Guarani e Bauru possuem importante contribuição no desenvolvimento urbano, sendo esse último o mais explorado e com uma ocupação de 90% do território (CPTI, 2012).

Os principais rios são: Rio Turvo, Rio Grande, Rio São Domingos, Ribeirão da Onça, Rio Preto e Rio da Cachoeirinha (TAVARES; FERRANTE, 2009).

Segundo o Relatório de situação dos recursos hídricos Turvo/Grande, as diversas aglomerações na UGRHI 15 elevaram as concentrações de captações subterrâneas (Figura 18). Tal situação alcançou o montante de 18,78 m<sup>3</sup>/s de volume outorgado na Bacia do rio Turvo Grandes sendo 57,6% relativo a fontes superficiais e 42,4% subterrâneas.

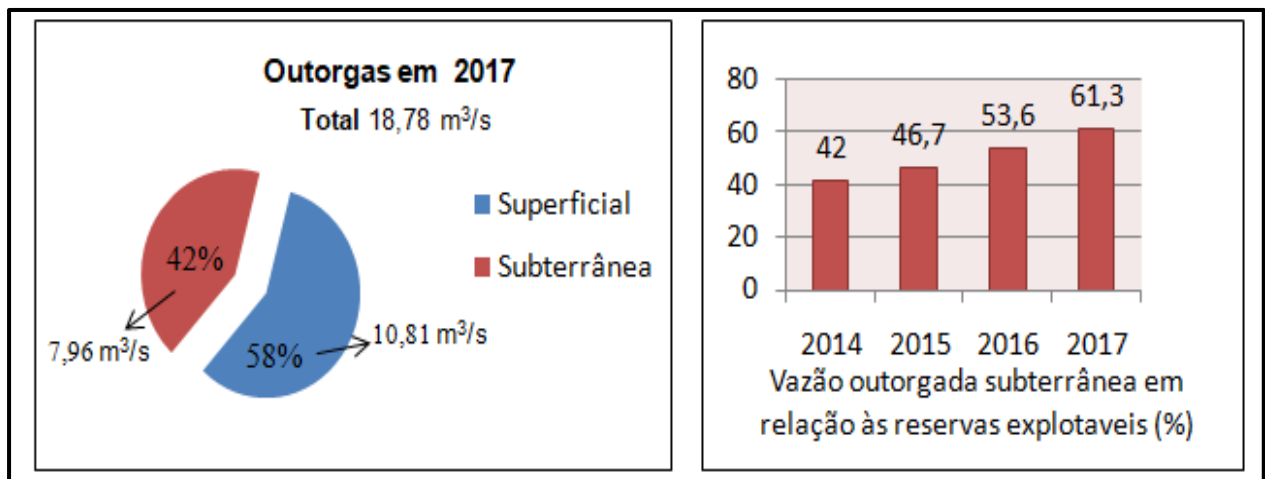
**Figura 18 - Captações Subterrâneas na UGRHI 15**



Fonte: Relatório de Situação UGRHI 15 (2018).

Em 2017, houve aumento de 7,49% no volume total outorgado na bacia, originado pelo aumento de 14,5% no volume outorgado de água subterrânea, com aumento contínuo desde 2011. A vazão outorgada subterrânea em relação às reservas exploráveis em 2015 foi 46,7%, e em 2017 foi 61,3%, sendo considerada crítica pelos valores de referência (Figura 19).

**Figura 19 - Outorgas na Bacia Turvo Grande**



Fonte: Adaptado pelo autor do Relatório de Situação Hídrica (2018).

Segundo o relatório de situação hídrica (CBH- TG, 2018) observa-se que a UGRHI-15 encontra-se em situação confortável, quanto à disponibilidade hídrica per capita, devido aos valores apresentados estarem superiores a 2.500 m<sup>3</sup>/hab.ano. No entanto, este valor declina a cada ano, em função do aumento da população, a exemplo temos o ano entre 2011 e 2015, que apresentou um incremento de 3,1%.

**Quadro 14 - Disponibilidade Hídrica na UGRH 15.**

<b>Disponibilidade hídrica Superficial</b>	
Vazão média (Q <sub>médio</sub> )	121 m <sup>3</sup> /s
Vazão mínima (Q <sub>7,10</sub> )	26 m <sup>3</sup> /s
Vazão Q <sub>95</sub> %	39 m <sup>3</sup> /s
<b>Disponibilidade hídrica subterrânea:</b>	
Reserva Explotável:	13 m <sup>3</sup> /s

Fonte: Adaptado pelo autor do Relatório de Situação Hídrica (2018).

### 3.1.1 Santa Casa de Misericórdia

Devido a sua localização, o Hospital de Ensino Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis é referência na região noroeste paulista, com ampla atuação no atendimento de Urgência, Emergência e Alta complexidade. Conforme ilustrado na figura 18, a instituição dispõe de duas entradas para atendimento de pacientes e acompanhantes.

Inaugurado em 28 de Fevereiro de 1956, é conveniado aos níveis secundários e terciários do Sistema Único de Saúde (SUS), Planos de Saúde e Convênios, dispondo de 126 leitos e 9 consultórios. Estima-se mensalmente haver 577 internações e 4.394 atendimentos ambulatoriais.

**Figura 20** - Entrada para Pronto Socorro (esq.) e Entrada Principal (dir) na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

A unidade hospitalar possui lavanderia própria e exclusiva para lavagens úmidas, oriundas dos seguintes setores: Atendimento Particular, Convênios e SUS, Berçário, Centros Cirúrgicos, Obstétricos, Endoscopia e Colonoscopia, Hemodiálise, Hemoterapia, IACor, Ortopedia, Radiologia, Ressonância Magnética, Ultrassonografia, Unidades II, III, IV, VI, UTI, Residentes Uni Brasil, SND (Serviço de Nutrição e Dietética), Central de Esterilização, Creche, Pedra, Internista e AME. O processamento médio mensal é de 16.300 kg de roupas.

Toda a água utilizada na Santa Casa provém de dois poços localizados próximos à lavanderia, sendo que cada um fornece uma vazão média 1521,84

m<sup>3</sup>/mês (Poço 1) ,1.116,00 m<sup>3</sup>/mês (Poço 2) e abastecem toda unidade. Ambos possuem o Cadastro Estadual de Vigilância Sanitária Nº CEVS: 351550901-360-000033-2-8 para o poço 1; e Nº CEVS: 351550901-360-000034-2-5 para o poço 2 (Figura 18) que auxiliam no controle e atuação da Vigilância Sanitária Municipal.

Análises da água são realizadas com frequência mensal, trimestral e semestral dependendo do parâmetro. Os laudos são encaminhados para as autoridades de saúde pública do Município, Estado e Distrito Federal, seguindo a Resolução SS-65,de 02-08-2016.

**Figura 21** - Poços 1 e 2 da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

### **3.1.1.1 Lavanderia da Santa Casa**

O horário de funcionamento da lavanderia é das 6:00 às 19:00 horas de segunda a sexta-feira, e aos sábados e domingos das 6:00 às 18:00h. Em períodos de não funcionamento, as roupas permanecem no depósito de roupas sujas, dentro dos sacos de hampers (Figura 23) iniciando as próximas lavagens por volta das 6:30h da manhã, quando são retiradas para classificação.

**Figura 22** - Entrada Lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 23** - Carrinho Hamper para coleta de roupas da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

O funcionário encarregado pela lavagem dos tecidos realiza a segregação por sujidade aparente, e classifica os processos de lavagens em:

**a) SUJIDADE LEVE:** Roupas utilizadas por funcionários, alguns lençóis e fronhas que tem apenas suor, como os cobertores, roupas claras e tapetes

Processo de lavagem Leve: Com nenhuma sujidade aparente no tecido (Quadro 14).

**b) SUJIDADE PESADA:** Roupas que possuem pouca presença de fluidos corpóreos, como vômito, fezes, sangue, pus, urina, manchas, etc.

Processo Pesado: No hospital é indicado para as roupas verdes que possuem média sujidade no tecido. Em sua maioria são uniformes do centro cirúrgico e/ou as que necessitam de lavagem para eliminação de manchas (Quadro 12).

**c) SUJIDADE SUPER PESADA:** Roupas que possuem grande presença de fluidos corpóreos, como vômito, fezes, sangue, pus, urina, manchas, etc.

Processo Super Pesado: Indicado para as roupas brancas, com grande quantidade de matéria orgânica residual em lençóis, compressas e uniformes (Quadro 13)

Nesta etapa o funcionário também realiza a pesagem e as anotações na planilha para controle de quilos de roupas que serão lavadas por setor (Figura 24). Este processamento ocorre na “área suja” da lavanderia hospitalar, onde também estão as lavadoras. Nesta área é disposta uma Lavadora Extratora Suzuki 60 kg, e mais duas Lavadoras Industriais 50kg (Figura 25).

**Figura 24 -** Caixa para separação de roupas e balança da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 25** - Lavadora Extratora Suzuki (esquerda) e lavadora Industrial (direita) da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

### ***3.1.1.2 Processos de lavagem e consumo de água na lavanderia***

O consumo de água na lavanderia ocorre em três níveis de volume:

- Nível Baixo com 200 Litros de água por enxágue;
- Nível Médio com 300 Litros de água por enxágue;
- Nível Alto com 400 litros de água por enxágue.

Independentemente do processo de lavagem, o volume de água que entra é o mesmo para cada um deles. A lavagem das roupas nas máquinas é realizada em 3 diferentes processos (Quadros 15 a 17).

**Quadro 15 - Processo de lavagem leve na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**

Tipo de máquina: convencional				Lavagem leve		
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	6
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
Amaciamento	4	Baixo	200	Fria	Ni-soft 60 excl	8
<b>Total: 1.900 litros</b>						

Fonte: Próprio autor.

**Quadro 16 - Processo de lavagem Pesada na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**

Tipo de máquina: convencional				Lavagem pesada		
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Umectação	15	Médio	300	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Pré-lavagem	15	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	5
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	4
					Leucotex adl	10
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
<b>Total: 4.000 litros</b>						

Fonte: Próprio autor.

**Quadro 17 - Processo de lavagem Super Pesada Branco na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**

Tipo de máquina: convencional				Lavagem super pesada		
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400			
Umectação	15	Médio	300	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Pré-lavagem	15	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	6
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	5
					Leucotex adl	12
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
					Ni-soft 60 excl	
Amaciamento	4	Baixo	200	Fria		5
			<b>Total:</b>	<b>4.400 litros</b>		

Fonte: Próprio autor.

Os produtos de lavagem são distribuídos por meio de bombas dosadoras  
Quadro 17. São eles:

**Quadro 17 - Sanitizantes têxtil hospitalar.**

<b>Nome Comercial</b>	<b>Princípio Ativo</b>	<b>Função</b>
<b><i>Jet-Tex 900</i></b>	Linear alquil aril sulfonado	Detergente concentrado para lavar algodão/poliéster
<b><i>Nippo-Tex 500</i></b>	Hidróxido de sódio	Produto alcalino forte para Pré-Lavagem de roupas com sujidade forte
<b><i>Leucotex ADL</i></b>	Ácido peracético	Desinfetante Hospitalar para superfícies fixas, também indicado para remoção de manchas e alveamento de roupas
<b><i>Jet-Sour Líquido</i></b>	Metabissulfito de sódio	Neutralizador de resíduos alcalinos e de alveamento químico
<b><i>Ni-Soft 60</i></b>	Cloreto de diaquil dimetil amônio	Amaciante concentrado para todos os tipos de tecidos
<b><i>Leuco.Clorex 133</i></b>	Hipoclorito de sódio	Desinfetante para tecidos e roupas

Fonte: Próprio autor.

A dosagem dos produtos para a lavanderia é realizada por meio de uma bomba que fica localizada próxima aos produtos (Figura 26).

**Figura 26 - Bomba dosadora e produtos usados na lavagem na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**



Fonte: Próprio autor.

Finalizadas as etapas de lavagem, as roupas são retiradas e passam por um processo de centrifugação e secagem. Em seguida, são encaminhadas para a

calandra, para serem passadas e secas na mesma etapa, sendo posteriormente dobradas e guardadas.

Na rouparia, as roupas são armazenadas e distribuídas conforme a necessidade dos diversos setores do hospital (Figura 27).

**Figura 27** - Recepção de roupas lavadas, Centrífuga e Secagem na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

### **3.1.1.3 Consumo de água mensal na lavanderia**

O consumo de água pode ser estimado por meio dos relatórios de controle. Mensalmente são descritas as pesagens de quilos de roupas que os setores anexos

enviaram à lavanderia (Quadro 19), e na área suja são realizadas as anotações das lavagens diárias (Quadro 20).

**Quadro 19** - Quantidade de roupas lavadas por setores, em setembro de 2019 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

<b>Setor</b>	<b>kg</b>	<b>Setor</b>	<b>kg</b>	<b>Setor</b>	<b>kg</b>
Berçário	194	Raio-X	220	Iacor	353,2
Unidade 2	1.644	C.E	520	Retorno	767
Unidade 3	411	C.C.P.S	64	Pedra	56
Unidade 4	1.751	Creche	70	Inter	45
Unidade 6	1.181	Hemodiálise	572	PS.Part	415
C.C	4.032	Ultrassom	108	AME	11,70
C.O	628	Ortopedia	182	Tomografia	27
U.T.I	1.842	Endoscopia	117	Hemocentro	42
P.S SUS	1.023	R.S	89	Outros	132
S.N.D	322	ECO	132,08		
<b>Total</b>	<b>13.028</b>	<b>Total</b>	<b>2.07,08</b>	<b>Total</b>	<b>1.848,95</b>
<b>Total Geral 16.951,04 kg</b>					

Fonte: Próprio autor.

**Quadro 20** - Quantidade de processos de lavados diariamente e estimativa do consumo de água mensal na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	<b>Lavagem Leve</b>	<b>Lavagem Pesada</b>	<b>Lavagem Super Pesada</b>
<b>Quantidade de Lavagens/mês</b>	162	48	117
<b>Volume de água gasto/mês</b>	307.800 litros	192.000 litros	514.800 litros
	litros	Litros	Litros
	Litros		
<b>Total Geral 1.014.600 litros – 1.014,6 m<sup>3</sup> mês</b>			

Fonte: Próprio autor.

Com base nos Quadros 19 e 20 foi possível estimar o consumo mensal. No entanto, em casos que a roupa venha com muita sujidade orgânica são realizados alguns enxágues manuais em nível alto antes de iniciar o processo. Desta forma, o volume de água pode sofrer alterações, dependendo do fluxo de atendimento hospitalar.

### 3.1.1.4 Caracterização dos efluentes gerados na Lavanderia Hospitalar

Para as análises físicas, químicas e microbiológicas, realizou-se uma campanha de amostragem em três tipos de enxágues das máquinas lavadoras (de cada processo). O ponto de coleta foi na entrada da rede de esgoto, pois ela recebia o resíduo das três lavadoras. De cada processo de lavagem citado anteriormente, no dia 30/10/2019 foi efetuado a amostragem, com o auxílio de duas jarras e dois baldes conforme a Figura 28.

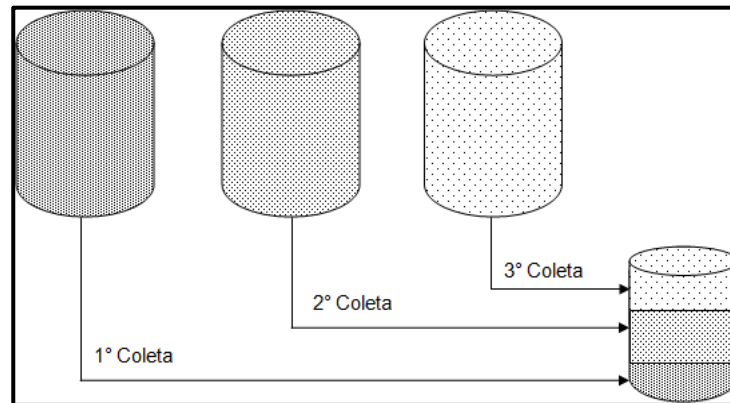
**Figura 28** - Coleta de efluente para amostragem na Santa Casa de Fernandópolis.



Fonte: Próprio autor.

A seleção dos processos de amostragem foi baseada nos ciclos de lavagem (Leve, Pesado Verde e Super Pesado Branco) e nos níveis de água mais elevados, por considerar que este gera um maior volume de efluente, e, portanto, mais diluído.

**Figura 29** - Esquema da obtenção da amostra padrão de água cinza na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Fonte: Próprio Autor

Assim, no processo Leve, optou-se por fracionar as amostras nos dois enxágues finais. Na lavagem Pesada Verde, as coletas foram realizadas nos 3º, 4º e 5º enxágues; e na Super Pesada Branca, as amostras foram realizadas nos enxágues 6º, 7º, 8º.

Neste processo, os Quadros 21, 22 e 23 apresentam seus respectivos enxágues.

**Quadro 21** - Processo de lavagem Leve

Tipo de máquina: convencional				Lavagem leve		
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	6
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
Amaciamento	4	Baixo	200	Fria	Ni-soft 60 excl	8
<b>Total:</b>			<b>1.900 litros</b>			

Nota: \*\*As análises foram realizadas nos valores em vermelho. Fonte: Próprio autor.

**Quadro 22 - Ciclo de lavagem Pesada Verde.**

Tipo de máquina: convencional			Lavagem pesada			
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Umectação	15	Médio	300	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Pré-lavagem	15	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	5
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	4
					Leucotex adl	10
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
<b>Enxágue</b>	<b>3</b>	<b>Alto</b>	<b>400</b>	<b>Fria</b>		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
<b>Total: 4.000 litros</b>						

Nota: \*\*As análises foram realizadas nos valores em vermelho Fonte: Próprio autor.

**Quadro 23 - Ciclo de lavagem Super Pesada Branca.**

Tipo de máquina: convencional			Lavagem super pesada			
Operação	Tempo	Nível	Consumo	Temp.	Produtos	G/kg
	Min.		Litros	°c		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400			
Umectação	15	Médio	300	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Pré-lavagem	15	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
					Nippo-tex 500	3
					Leucotex adl	6
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Lavagem	25	Baixo	200	Fria	Jet-tex 900 n	5
Alvejamento					Nippo-tex 500	5
					Leucotex adl	12
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Enxágue	3	Alto	400	Fria		
Acidulação	3	Médio	300	Fria	Jet sour	3
Amaciamento	4	Baixo	200	Fria	Ni-soft 60 excl	5
			<b>Total:</b>	<b>4.400</b>	<b>litros</b>	

Nota: \*\*As análises foram realizadas nos valores em vermelho. Fonte: Próprio autor.

Após as coletas, as amostras foram refrigeradas, e levadas em recipientes devidamente apropriados para o laboratório Controle Analítico em Osasco, onde foram analisadas entre 18 e 24 horas após.

Para os parâmetros das análises, foram considerados os dispostos na Portaria de Potabilidade (MS 2914/2011), atual Portaria de Consolidação 5/2017, por optar-se em ter um padrão alto de qualidade, e consequentemente gerar um efluente tratado com maior segurança e também os dispostos nas resoluções do município de São Paulo e Campinas, propriamente para reuso de efluentes. Os indicadores listados no quadro 24 foram baseados na literatura e serviram de referência para o sistema de tratamento de água da lavanderia hospitalar.

**Quadro 24** - Parâmetros para análise do efluente segundo portaria de Potabilidade e de reuso

<b>Portaria da Consolidação nº 5</b>	<b>Resolução Conjunta SES/SIMA Nº 01,de 13 de Fevereiro de 2020</b>	<b>Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014 - Classe A</b>	<b>Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014 - Classe B</b>
<i>Cryptosporidium</i>			<i>Cryptosporidium</i>
<i>Giardia sp.</i>			<i>Giardia sp.</i>
<i>Escherichia coli</i>		<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Bromato			
Cloreto	Cloreto	Cloreto Total	
Nitrito (como N)			
Sulfato			
Cálcio total			
Dureza total			
Arsênio			
Boro total	Boro		
Chumbo			
Ferro total			
Mercúrio			
Prata total			
Amônia (como NH <sub>3</sub> )			
Cloro Residual Total	Cloro Residual Total	Cloro Residual Total	Cloro Residual Total
Fenol			
pH	pH		
Sólidos Totais Dissolvidos	Sólidos Totais Dissolvidos		
Turbidez	Turbidez	Turbidez	Turbidez
Coliformes	Coliformes	Coliformes	Coliformes
Termotolerantes/Fecais	Termotolerantes/ Fecais	Termotolerantes/ Fecais	Termotolerantes/ Fecais
Coliformes Totais			
Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de		Ovos Viáveis de

	Helmintos		Helmintos
Clorito			
Nitrato (como N)			
DBO	DBO 5,20	DBO 5,20	DBO 5,20
DQO			
Magnésio total			
Alumínio			
Cádmio			
Chumbo			
Fósforo total			
Manganês			
Níquel			
Zinco			
Cianeto Total			
Condutividade Elétrica	Condutividade Elétrica		
Nitrogênio Amoniacal Total			
Sólidos Suspensos Totais	Sólidos Suspensos Totais	Sólidos Suspensos Totais	Sólidos Suspensos Totais
Surfactantes (como LAS)			
	Sódio		Sódio

Fonte: Próprio autor.

### 3.2 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE INFILTRAÇÃO

#### 3.1.1 Teste de infiltração *in loco*


Para a execução dos testes realizou-se as amostragens do solo em 3 pontos (Figura 30), distribuídos na área de modo a identificar os potenciais locais para as valas de infiltração. Este processo seguiu as seguintes etapas:

- 1- Abertura dos pontos amostrais com as dimensões de 30 cm x 30 cm e profundidade 40 cm.
- 2- Preenchimento com uma camada de 5 cm de brita N° 01.

3- Manutenção das cavas cheias de água durante quatro horas, adicionando água à proporção que esta infiltrava. NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997).

4- Após quatro horas, as cavas foram enchidas novamente com água até 30 cm, marcando o tempo em que o nível baixasse 1 cm. Foram realizados quatro testes de infiltração com intervalos de 10 minutos entre testes.

**Figura 30 - Pontos dos testes de infiltração e distância dos Poços**

	<b>Distância do teste ao Poço 1 (P<sub>1</sub>)</b>	
	1	87,79 m
	2	43,70 m
	3	53,82 m
	<b>Distância do teste ao Poço 2 (P<sub>2</sub>)</b>	
	1	100,39 m
	2	74,45 m
Fonte: Adaptado do Google Earth pelo autor.	3	92,27m

Fonte: Adaptado do Google Earth pelo autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as análises foram executadas pelo Laboratório Controle Analítico que possui acreditação ABNT NBR ISO/IEC 17025, certificação NBR ISO 14001: 2015 e certificação 45001: 2018.

As águas cinza provenientes dos primeiros enxágues em cada processo de enxágue apresentam alto teor de gordura e carga orgânica. Assim, estas foram excluídas das análises, pois certamente dificultariam o tratamento final do efluente. As águas provenientes do segundo enxágue de cada processo também foram excluídas, porque podem apresentar altas concentrações de produtos químicos, turbidez e sólidos em suspensão. Neste sentido, a exclusão de enxágues iniciais na lavagem leve não foi possível, pois este era um processo curto e com poucas etapas.

No Anexo 1 estão exibidos todos os laudos das análises, e o quadro 20 apresenta os resultados físico-químicos com os parâmetros de referência citados na portaria de Consolidação 5/2017 para comparação.

O Quadro 25 demonstra as características físicas e químicas dos efluentes dos três tipos de lavagens.

**Quadro 25** - Características físicas e químicas dos efluentes nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	<b>Processos de Lavagem Leve</b>	<b>Processo de Lavagem Pesada Verde</b>	<b>Processo de Lavagem Super Pesado Branco</b>	<b>Parâmetro de Referência</b> Portaria de Consolidação 5/2017.
Amônia (mg/L)	1,57 mg/L	0,544 mg/L	1,02 mg/L	1,5 mg/L
Calcio (mg/L)	49,41 mg/L	38,53 mg/L	44,96 mg/L	-
Cianeto Total (mg/L)	< LQ	< LQ	< LQ	0,07 mg/L
Cloro Residual Total	6,52 mg/L	10,82 mg/L	0,22 mg/L	5 mg/L
Condutividade Elétrica	506 µS/cm	9,06 µS/cm	10,36 µS/cm	-
DBO	< LQ	2,3 mg/L	9,6 mg/L	-
DQO	84,0 mg/L	92,0 mg/L	83,0 mg/L	-
Dureza	167 mg/L	126 mg/L	140 mg/L	500 mg/L
Fenol	< LQ	< LQ	< LQ	-
Fósforo	1,140 mg/L	0,982 mg/L	0,310 mg/L	-
Nitrogênio Amoniacal Total	0,956 mg/L	0,450 mg/L	0,843 mg/L	-
Magnésio total	10,480 mg/L	7,349 mg/L	6,638 mg/L	-
pH	7,5 UpH	9,1 UpH	10 UpH	-
Sólidos Suspensos Totais	< LQ	< LQ	30 mg/L	-
Sólidos Totais Dissolvidos	247 mg/L	303 mg/L	292 mg/L	1.000 mg/L
Surfactantes	0,6 mg/L	0,3 mg/L	0,9 mg/L	0,50 mg/L
Turbidez	24 NTU	25 NTU	40 NTU	5,00 uT

**Legenda:** LQ: Limite de Quantificação

Fonte: Próprio autor.

Nas análises dos resultados observou-se que, o parâmetro Amônia esteve em níveis inferiores nos processos de lavagem pesado verde e super pesado branco, porém, próximo ao valor de referência (1,5 mg/L) na lavagem leve com 1,57 mg/L. Bazzarella (2005) encontrou concentrações de Amônia de 1,5 mg/L para amostras de águas cinzas provenientes de máquina de lavar.

Para o Cálcio não está estabelecido parâmetro de referência, no entanto, este variou entre 38,53 a 49,41mg/L. No entanto no trabalho de Hoag (2008), sobre o Hospital em Itajubá, os resultados obtidos foram de 4 a 47 mg/L.

O resultado de Cianeto total não atingiu o limite de quantificação. Na literatura, Noronha (2002) apresentou a concentração de 0,014 mg/L no hospital Nossa Senhora Oliveira Guimarães - Portugal.

Para o Cloro Residual, as variações foram entre 0,22 mg/L a 10,82 mg/L, superior aos limites de potabilidade (5 mg/L) e ao limite encontrado por Sostar- Turk et al. (2005) de 0,1 mg/L, em águas cinzas provenientes de lavanderia. Na resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 13 de Fevereiro de 2020 é permitido <1 mg/L para restrição moderada e severa deste parâmetro.

Vale ressaltar que este é o indicador do poder oxidante do cloro e da sua capacidade de reação com vários outros compostos presentes nos esgotos, porém nesta análise, os dados não foram certificados pelo laboratório, devido a necessidade do parâmetro Cloro residual ser realizada no momento da coleta.

A Condutividade Elétrica variou entre 9,06 a 506  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Este é um indicador da capacidade que a solução aquosa possui em conduzir corrente elétrica. Esta propriedade depende basicamente da presença de íons, da concentração total, medidas de temperatura, entre outros, porém não tem valores de referência pela portaria utilizada.

Os parâmetros obtidos para Condutividade Elétrica sofreram alterações e esteve acima do encontrado por Mendonça (2019) de 216 mS/cm. Na resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 13 de Fevereiro de 2020 é definido o valor de <0,7 dS/m para restrição moderada e 3,0 dS/m restrição severa.

Nas análises realizadas, os valores de DBO não foram possíveis de quantificação no processo de lavagem leve, e variaram de 2,3 a 9,6 mg/L nos processos de lavagem pesado verde e branco. Hoag (2008) apresentou em sua pesquisa o valor de 190 a 260 mg/L para DBO em efluente gerado na lavanderia hospitalar e Noronha (2002) demonstra para o efluente do hospital Dr. José Maria Antunes Júnior (Portugal) o valor de 150 mg/L.

Na resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 28 de junho de 2017 menciona-se o limite  $\leq 10$  para restrição moderada e  $\leq 30$  mg/L para restrição severa.

Para DQO as variações foram de 83 a 92 mg/L. Mendonça (2019) encontrou o valor de 280 mg/L para a DQO, enquanto Rampelotto (2014) definiu esse valor em um intervalo entre 158 e 442 mg/L nas águas cinzas proveniente de lavanderias. Hoag (2008) também encontrou no efluente da lavanderia de Itajubá valores de 404 a 845 mg/L para DQO.

Na quantificação da Dureza, as amostras ficaram bem abaixo dos valores de referência (500 mg/L), variando entre 126 mg/L a 167 mg/L. Este é um resultado da combinação de compostos: Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), presentes na água.

Para o elemento Fenol não foram encontrados parâmetros de referência na Portaria de Consolidação, e os resultados estiveram abaixo do limite de quantificação.

As concentrações de Fósforo encontradas variaram de 0,310 mg/L a 1,140 mg/L, sendo o maior valor encontrado no processo de lavagem leve. No trabalho de Noronha (2002), o Hospital Dr. José Maria Antunes Júnior, apresentou 11 mg/L para o parâmetro. Segundo Hoag (2008) os valores de Fósforo no efluente da lavanderia foram de 1,17 a 5,08 mg/L.

Vale ressaltar que essas concentrações de Fósforo Total nas águas cinzas normalmente são provenientes de detergentes que apresentam o fósforo como constituinte.

Para o parâmetro de Nitrogênio Total, as concentrações variaram entre 0,450 a 0,956 mg/L, porém na Portaria de Consolidação nº5 não há referência para esse componente. Segundo a literatura, Hoag (2008) encontrou na análise do efluente da lavanderia hospitalar de Itajubá o valor de 0,23 a 0,56 mg/L de nitrogênio.

O parâmetro de Magnésio Total, que contribui para dureza total da água, na análise apresentaram concentrações de 6,638 mg/L no processo de lavagem super pesada branca; 7,349 mg/L na lavagem pesada verde e 10,48 mg/L na lavagem leve. Na Portaria de Consolidação também não é definido referência para este parâmetro.

O pH nas amostras coletadas variaram entre 7,5 a 10. No trabalho de Mendonça (2019) foi encontrado o valor de 7,5 para o efluente de lavanderia e no hospital de Portugal Distrital de Santarém foi de 6,24 (NORONHA, 2002). A resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 13 de Fevereiro de 2020 também

menciona valor para pH entre 6 a 9 com uso de restrição moderada e severa e na Lei estadual do Ceará nº16.033/2016 menciona-se variação entre 6,0 a 8,5.

Deve-se considerar que este parâmetro depende também do pH da água de abastecimento, porém alguns produtos químicos utilizados nos processos de lavagem podem contribuir para o seu aumento, como exemplo, o uso de sabões alcalinos e amaciante.

Nas amostras de lavagem leve e pesado verde, o parâmetro de Sólidos Suspensos estiveram abaixo do limite de quantificação, sendo detectado apenas nas amostras de lavagem super pesada branca (30 mg/L). No trabalho desenvolvido por Mendonça (2019), em água cinza hospitalar foi encontrado o valor de 460,0 mg/L para Jamrah (2004) este parâmetro variou de 120 mg/L a 665 mg/L nas águas de lavanderias. A permite o valor de 1 mg/L para restrição moderada e <30 mg/L para restrição severa.

No parâmetro Sólidos Dissolvidos, as amostras coletadas resultaram em valores entre 247 mg/L a 303 mg/L. Segundo o parâmetro de potabilidade utilizado, este ficou abaixo do permitido, que é de 1.000 mg/L na Portaria de Consolidação nº 5. Hoag (2008) encontrou para este mesmo indicador valores entre 309,3 a 2.392,7 mg/L no efluente da lavanderia hospitalar. Esta análise inclui todos os constituintes químicos dissolvidos na água.

Os Surfactantes na Portaria de Consolidação nº5 tem o limite permitido de 0,50 mg/L, e nas amostras os valores oscilaram entre 0,3 a 0,9 mg/L. Este é um indicador de detergentes e produtos de higiene.

As águas cinza, de maneira geral, apresentam resultados de Turbidez elevados pela concentração de sólidos em suspensão que pode ser desde cabelos até as fibras de tecido, como material sólido nas águas. O valor de referência da Turbidez é 5,00 NTU e o valor nas amostras variou entre 24 NTU a

40 NTU, e devem ser reduzidas para que a desinfecção possa ocorrer com eficiência. O valor obtido por Bazzarella (2005), proveniente de máquina de lavar, foi de 58 uT e para Hoag (2008) foi de 45 a 64 NTU em efluente de lavanderia hospitalar. Na resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 13 de Fevereiro de 2020 o parâmetro de referência para uso com restrição moderada é de  $\leq 2$  NTU e 0 para restrição severa.

O Quadro 26 demonstra os valores para metais nos efluentes dos três tipos de lavagens.

**Quadro 26** - Valores de metais dos efluentes gerados nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	<b>Processos de Lavagem Leve</b>	<b>Processo de Lavagem Pesada Verde</b>	<b>Processo de Lavagem Super Pesado Branco</b>	<b>Parâmetro de Referência</b> Portaria de Consolidação 5/2017
Alumínio	0,065 mg/L	< LQ	0,089 mg/L	0,2 mg/L
Arsênio	< LQ	< LQ	< LQ	0,01 mg/L
Boro Total	< LQ	< LQ	< LQ	-
Cádmio	< LQ	< LQ	< LQ	0,005 mg/L
Chumbo	< LQ	< LQ	< LQ	0,01 mg/L
Cobre Total	< LQ	< LQ	< LQ	2,00 mg/L
Ferro Total	< LQ	< LQ	0,075	0,3 mg/L
Manganês	< LQ	< LQ	< LQ	0,1 mg/L
Mercúrio	< LQ	< LQ	< LQ	0,001 mg/L
Níquel	< LQ	< LQ	< LQ	0,07 mg/L
Prata Total	< LQ	< LQ	< LQ	-
Zinco	0,028 mg/L	< LQ	0,054 mg/L	5,00 mg/L

Fonte: Próprio autor.

As concentrações de Alumínio estiveram abaixo do limite de quantificação na lavagem pesada verde, e entre 0,065 a 0,089 mg/L para o processo de lavagem leve e super pesada branca. Esses valores estiveram abaixo dos valores de referência (0,2 mg/L).

O Ferro e o Zinco também tiveram seus valores quantificados, no entanto suas concentrações estiveram bem abaixo do permitido na portaria de Consolidação 5/2017.

Os parâmetros de Arsênio, Boro Total, Cádmio, Chumbo, Cobre total, Manganês, Mercúrio, Níquel, Prata, apresentaram valores abaixo dos limites de

quantificação. O Quadro 27 demonstra os valores de íons nos efluentes dos três tipos de lavagens.

**Quadro 27** - Características dos íons efluentes nos processos de lavagem na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	<b>Processos de Lavagem Leve</b>	<b>Processo de Lavagem Pesada Verde</b>	<b>Processo de Lavagem Super Pesado Branco</b>	<b>Parâmetro de Referência</b> Portaria de Consolidação 5/2017
Nitrato	9,28 mg/L	6,84 mg/L	7,95 mg/L	10,0 mg/L
Nitrito	< LQ	0,264 mg/L	< LQ	1,00 mg/L
Sulfato	4,17 mg/L	1,55 mg/L	2,24 mg/L	250 mg/L
Bromato	< LQ	< LQ	< LQ	0,01 mg/L
Cloreto	20,5 mg/L	18,5 mg/L	17,6 mg/L	250 mg/L
Clorito	< LQ	< LQ	< LQ	1,00 mg/L

Fonte: Próprio autor.

O parâmetro Nitrato apresentou concentrações próximas ao limite permitido na Portaria de Consolidação na lavagem leve, e valores abaixo nas demais lavagens. Segundo a literatura, Eriksson (2000) *et al* encontrou para esse parâmetro o valor de 0,4 a 0,6 mg/L, Jamrah *et al* (2004) 2,5 mg/L e Hoag (2008) entre 0,7 a 3,9 mg/L.

Para o Nitrito, não foi encontrado concentração na lavagem leve e super pesado branco. Somente na lavagem pesada verde foi visto a quantificação de 0,264 mg/L, sendo este inferior ao valor de referência. Segundo Noronha (2002), no Hospital de Portugal Senhora Oliveira Guimarães, esse parâmetro apresentou valor de 0,8 mg/L e para Hoag (2008) entre 0,005 a 0,018 mg/L.

O Sulfato, de acordo com as análises, também ficou abaixo do limite previsto na Portaria de Consolidação (250 mg/L). Hoag (2008) encontrou valores entre 26 a 40 mg/L. Para o Bromato e Clorito, as concentrações estiveram abaixo do limite de quantificação.

O Cloreto apresentou os valores próximos nos três processos de lavagem (17,6 mg/L, 18,5 mg/L e 20,5 mg/L), mas inferiores ao valor de referência (250 mg/L). De acordo com a literatura, no trabalho de Mendonça (2019) foi obtido o valor

de 53,7 mg/L, para Bazzarella (2005) o valor de 23,6 mg/L nas águas cinzas provenientes de máquinas de lavar e May (2004) 12,4 mg/L nos efluentes de lavanderia e chuveiros. Neste sentido a resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 28 de junho de 2017 define <106 mg/L para os usos de restrição moderada e <305 mg/L com restrição severa.

O Quadro 28 demonstra os parâmetros microbiológicos nos efluentes dos três tipos de lavagens.

**Quadro 28** - Características microbiológicas dos efluentes gerados na lavanderia da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	Processos de Lavagem Leve	Processo de Lavagem Pesada Verde	Processo de Lavagem Super Pesado Branco	Parâmetro de Referência Portaria de Consolidação 5/2017
Coliformes Totais	< LQ	< LQ	$4,0 \times 10^4$ UFC/100mL	ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< LQ	< LQ	$1,2 \times 10^3$ UFC/100mL	ausência em 100 mL
<i>Cristosporidium</i>	< LQ	< LQ	< LQ	-
<i>Giardia</i>	< LQ	< LQ	< LQ	-
Ovos viáveis de Helmintos	< LQ	< LQ	< LQ	-

Fonte: Próprio autor.

A *Escherichia coli* é usualmente utilizada como indicador de contaminação fecal. Os coliformes fecais, denominados termotolerantes, são indicadores de contaminação de águas de modo geral. Neste sentido, somente no processo de lavagem pesada foram apresentadas concentrações desses contaminantes (Coli.Tot:  $4,0 \times 10^4$  UFC/100mL e *E.Coli*  $1,2 \times 10^3$  UFC/100mL).

Emanuel (2003) encontrou o valor de  $1,92 \times 10^7$  para efluentes hospitalares e Bazzarella (2005)  $5,4 \times 10^5$  em águas cinzas escuras. Os índices de coliformes totais identificados no trabalho de Mendonça (2019) foram de  $1,119 \times 10^3$  UFC/mL nos

efluentes de lavanderia hospitalar, Bazzarella (2005) foi de  $2,73 \times 10^1$  UFC/mL em máquinas de lavar e Borges (2003) de  $1,6 - 2,0 \times 10^7$  UFC/mL .

Em termos legais, na resolução conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 13 de Fevereiro de 2020 o parâmetro de Coliformes e E.Coli é não detectável para uso moderado e severo  $<200$  UFC/mL. Na lei Estadual do Ceará nº16.033/2016 é permitido para fins agrícolas e ambientais até 1000 CT/100 mL para demais culturas.

Os *microorganismos Cristosporidium, Giardia* e Ovos viáveis de Helminhos, nas amostras do efluente da lavanderia não apresentaram valores de concentração para quantificação.No entanto, esses organismos poderão ser eliminados da água por meio de cloração e direcionados posteriormente para o reuso.

#### 4.1. PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DO EFLUENTE (Infiltração)

Em função das características das águas cinza demonstradas pelos resultados, pode-se sugerir que a possibilidade de reuso é real por meio de um modelo de aplicação dentro da própria instituição hospitalar. Devido a ausência de hidrômetro na lavanderia, foi realizado um levantamento estatístico à partir da quantidade de processos lavados ao mês e multiplicados pelo seu volume de água utilizado. Para estimar o volume de águas cinza apenas dos enxágues analisados, considerou-se a quantidade de lavagens no mês, multiplicado pelo consumo de água de água que era utilizado apenas nesses enxágues.

Ao final no quadro 29 representa o volume de águas cinza com potencial aplicação dentro de um sistema de recarga de aquífero.

Esta proposta incluirá uma tubulação de entrada para o efluente da lavanderia e um tanque de armazenamento. Logo após, um medidor de vazão será instalado para controlar o fluxo que por ação da gravidade seguirá para o tratamento.

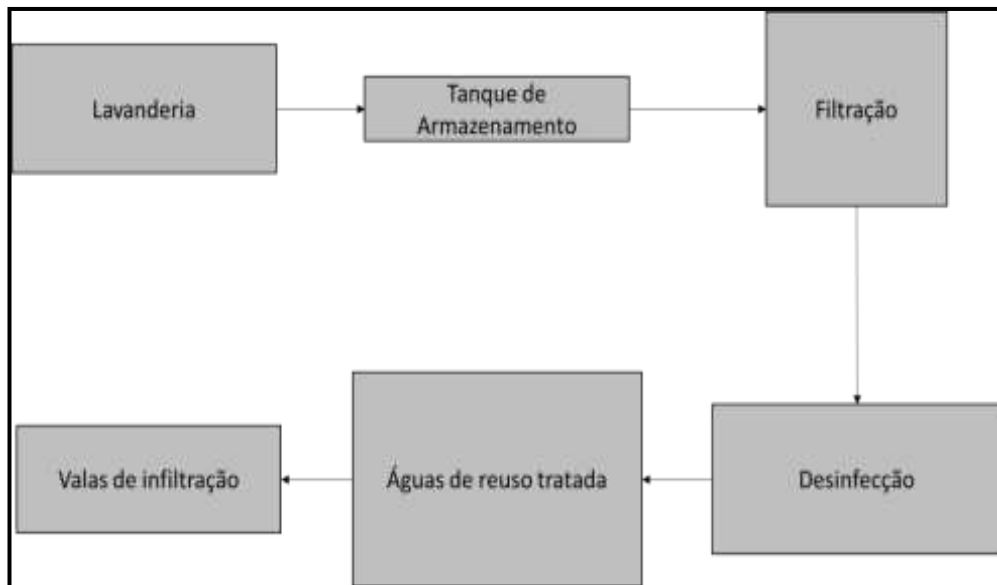
Iniciado o processo de filtração e remoção da matéria orgânica, o fluxo do efluente será liberado para a desinfecção através da dosagem de hipoclorito de sódio. Esse método de desinfecção consiste em um sistema quantitativo, com uma bomba dosadora e um tanque de armazenamento. Partindo do efluente tratado, a água de reuso será enviada para as valas de infiltração no solo.

**Quadro 29 – Dimensionamento de águas cinza geradas na lavanderia na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**

	Lavagem Leve	Lavagem Pesada	Lavagem Super Pesada
<b>Volume de água utilizado no processo/ Litros</b>	1.900	4.000	4.400
<b>Quantidade de Lavagens/mês</b>	162	48	117
<b>Águas cinzas geradas por processo</b>	307.800	192.000	514.800
<b>Total Geral: 1.014,60 Litros ----- 1.014,6 m<sup>3</sup></b>			
<b>Média de 34 m<sup>3</sup>/ dia</b>			
<b>Volume de água cinza dos processos coletados (Enxágues Alto = 400 Litros)</b>	1.200 Litros	1.200 Litros	1.200 Litros
<b>Média de águas cinzas com potencial de reuso</b>	194.400 Litros	57.600 Litros	140.400 Litros
<b>Total Geral: 392.400 Litro ----- 392,4 m<sup>3</sup></b>			
<b>Média de 13 m<sup>3</sup>/ dia</b>			

Fonte: Próprio autor.

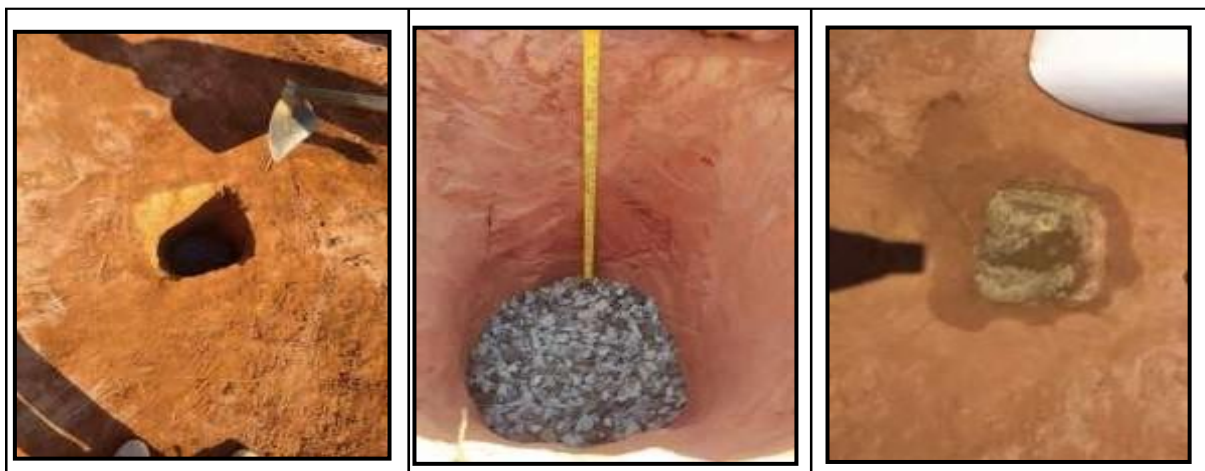
**Figura 31 - Fluxograma do Sistema para reuso indireto na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis**



Fonte: Próprio autor.

Para calcular o tamanho do tanque de armazenamento de águas cinza iniciou-se o processo pela capacidade de infiltração no solo. Assim, foram necessários os testes de infiltração no solo para se obter valores para infiltração das águas cinzas tratadas. Estas etapas foram conduzidos no dia 16/07/2020, conforme as Figuras 32, 33 e 34.

**Figura 32** - Teste de infiltração 1 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

**Figura 33** - Teste de infiltração 2 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

**Figura 34** - Teste de infiltração 2 na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

**Figura 35** - Determinação do tempo de infiltração de 1 cm de água na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio Autor

O Quadro 30 apresenta os dados dos três pontos amostrais com seus respectivos tempos ( $t$ ), para que a partir dele fosse possível calcular o coeficiente de infiltração ( $C_i$ ).

**Quadro 30 -** Medições do teste de infiltração na Santa Casa de Misericórdia em Fernandópolis

TESTE 1		TESTE 2		TESTE 3	
iniciou a infiltração	09h49min	iniciou a infiltração	10h20min	iniciou a infiltração	10h58min
Iniciou a marcação	14h25min	Iniciou a marcação	14h55min	Iniciou a marcação	15h13min
Total de horas teste: 4h e 36 min		Total de horas teste: 4h e 35 min		Total de horas teste: 4h e 15 min	
Medição	Tempo/min	Medição	Tempo/min	Medição	Tempo/min
1 cm	3,08	1 cm	8,06	1 cm	1,17
1 cm	3,00	1 cm	12,48	1 cm	1,37
1 cm	3,20	1 cm	9,17	1 cm	1,23
1 cm	3,41	1 cm	11,13	1 cm	0,52
MÉDIA	3,14	MÉDIA	10,15	MÉDIA	1,2

Fonte: Próprio autor.

Por meio da média das três medições, determinaram-se os seguintes coeficientes:

#### Teste 1

$$C_i = \frac{490}{t + 2,95} \quad C_i = \frac{490}{10,15 + 2,95} \quad C_i = 37,40 \text{ litros/m}^2/\text{dia}$$

#### Teste 2

$$C_i = \frac{490}{t + 2,95} \quad C_i = \frac{490}{3,14 + 2,95} \quad C_i = 80,45 \text{ litros/m}^2/\text{dia}$$

#### Teste 3

$$C_i = \frac{490}{t + 2,95} \quad C_i = \frac{490}{1,20 + 2,95} \quad C_i = 118,07 \text{ litros/m}^2/\text{dia}$$

Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2006), o coeficiente de infiltração varia de acordo com o tipo de solo. O quadro 31 apresenta uma adaptação dessa classificação feita pela NBR 7229/93.

**Quadro 31 - Classificação do tipo de solo**

	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Teste 3</b>
<b>Coefficiente de infiltração</b>	80,45 litros/m <sup>2</sup> /Dia	37,40 litros/m <sup>2</sup> /Dia	118,07 litros/m <sup>2</sup> /Dia
<b>Absorção relativa</b>	Média	Semi-Impermeável	Rápida
<b>Tipo de solo</b>	Areia fina ou silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	Argila de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e ou arenosa.	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa e cascalho.

Nota: Dados da NBR 7229/93. Fonte: Adaptado de ABNT (1993).

#### 4.1.1 Dimensionamento da área do campo de absorção da vala

As áreas de infiltração foram dimensionadas conforme a Equação 2:

**Equação 2**

$$A = \frac{V}{C_i}$$

Onde:

**V** = Volume (L)

**C<sub>i</sub>** = L/m<sup>2</sup>.dia

##### **Teste 1**

$$A = \frac{V}{C_i} = \frac{13.000}{80,45} = 161,59 \text{ m}^2$$

##### **Teste 2**

$$A = \frac{V}{C_i} = \frac{13.000}{37,40} = 347,59 \text{ m}^2$$

##### **Teste 3**

$$A = \frac{V}{C_i} = \frac{13.000}{118,07} = 110,10 \text{ m}^2$$

De acordo com o Manual de Saneamento da FUNASA (2015), o dimensionamento do comprimento do campo de absorção é representado pela equação 3:

**Equação 3:**

$$\frac{A}{L}$$

Onde:

**A** = Área encontrada (m<sup>2</sup>)

**L** = Largura de 0,6 m

**Teste 1**

$$\frac{161,59 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}} = 269,31\text{m de comprimento total}$$

**Teste 2**

$$\frac{347,59 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}} = 579,31\text{m de comprimento total}$$

**Teste 3**

$$\frac{110,10 \text{ m}^2}{0,6} = 183,5\text{m de comprimento total}$$

Considerando 3 ramais de distribuição, segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2015), define-se a equação 4:

**Equação 4:**

$$\frac{C}{3}$$

Onde:

**C** = Comprimento total

**3** = 3 ramais de distribuição

**Teste 1**

$$\frac{269,31 \text{ m}}{3} = 89,77\text{m}$$

**Teste 2**

$$\frac{579,31 \text{ m}}{3} = 193,10\text{m}$$

**Teste 3**

$$\frac{183,5 \text{ m}}{3} = 61,16\text{m}$$

Em resumo:

**Quadro 32**– Resultado dos testes, com as áreas de infiltração na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

TESTE 1		TESTE 2		TESTE 3	
<b>Ci</b>	80,45 L/m <sup>2</sup> -dia	<b>Ci</b>	37,40 L/m <sup>2</sup> -dia	<b>Ci</b>	118,07 L/m <sup>2</sup> -dia
<b>Área</b>	161 m <sup>2</sup>	<b>Área</b>	347,59m <sup>2</sup>	<b>Área</b>	110,10 m <sup>2</sup>
<b>Largura</b>	0,60 m	<b>Largura</b>	0,60 m	<b>Largura</b>	0,60 m
<b>Comprimento</b>	269,31 m	<b>Comprimento</b>	579,31 m	<b>Comprimento</b>	183,5 m
<b>3 Ramais</b>	89,77 m	<b>3 Ramais</b>	193,10 m	<b>3 Ramais</b>	61,16 m

Fonte: Próprio autor.

Após o dimensionamento das valas de infiltração, descrita na NBR 13.969/97, considerou-se como dados de referência o Teste 2 (Quadro 33), por ser o menor coeficiente de infiltração.

**Quadro 33** - Vazão (L/s) de operação do sistema com a infiltração de 37,40 L/m<sup>2</sup>-dia na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

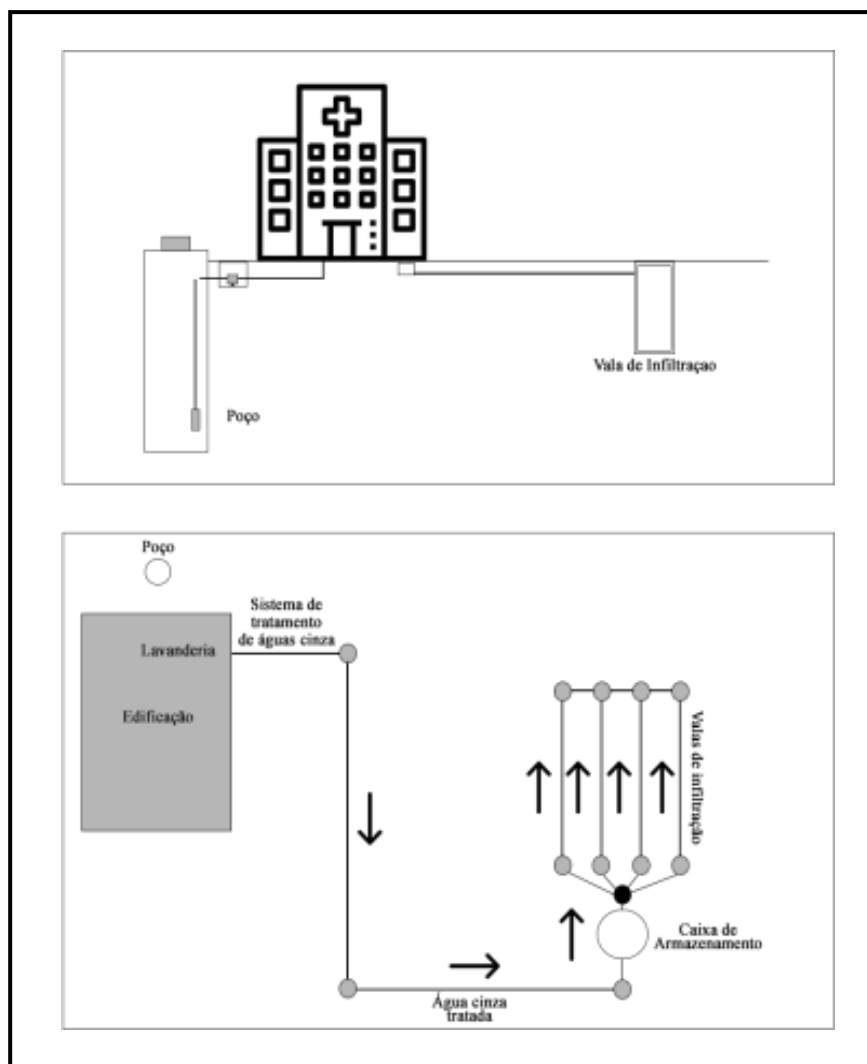
TESTE 2		
Ci 37,4	1	m <sup>2</sup>
x	347,59	m <sup>2</sup>
<b>x = 12.999,86 litros ou 12,99 m<sup>3</sup></b>		
12.999,86	24	horas
x	1	horas
<b>x = 541,66 L/h</b>		
541,66	3600	segundos
x	1	segundo
<b>x = 0,151L/s</b>		

Fonte: Próprio autor.

Neste sentido, considerou-se mais prudente usar um valor de segurança com o menor volume infiltrado, resultando numa vazão de 0,150 litros/s para infiltração. Este é um valor baixo, porém com a vantagem de permitir uma recarga lenta em outras áreas do hospital em que os solos estão com características semelhantes ou melhores. Além disso, existe a possibilidade de aumentar a vazão nas valas de infiltração em outro momento, aumentando a capacidade de infiltração.

De acordo com o exposto, a Figura 36 ilustra o sistema para melhor compreensão da proposta. Essa alternativa envolve o uso de uma caixa de distribuição a jusante das valas de infiltração, que no caso específico, servirá tanto para facilitar as inspeções, bem como o reparo da instalação, quando necessário.

**Figura 36** - Esquema de instalação das valas de infiltração na Santa Casa de misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Adaptado do Manual de Saneamento FUNASA (2015).

## 4.2 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE IMPLEMENTAÇÃO

O local de implementação está inserido em uma área onde a vegetação é bastante descaracterizada, antropizada e composta apenas por gramíneas, conforme ilustra a Figura 37.

**Figura 37** – Estacionamento da Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis.



Área Total	396,17 m <sup>2</sup>
Área dimensionada	347,59 m <sup>2</sup>

Fonte: Próprio autor; Google Earth (2020).

## 4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para a implantação da estação de tratamento da água cinza, as atividades diretamente relacionadas às obras de implantação, como a parede e cobertura, serão necessárias para proteção dos reservatórios e filtros das águas cinza.

Para a coleta das águas cinza foi planejado um sistema experimental, com o objetivo de armazenar o efluente, caracterizá-lo (quando necessário), tratá-lo e verificar a qualidade obtida após o armazenamento.

A escolha do local na Santa Casa (Figura 38) levou em consideração:

- Proximidade com a área da lavanderia;

- Espaço satisfatório para construção de uma área para proteção da ETE;
- Localização em ponto estratégico que permite o envio dos efluentes tratados por ação da gravidade até as valas de infiltração;
- Facilidade de acesso ao local da ETE para manutenção e manuseio dos equipamentos.

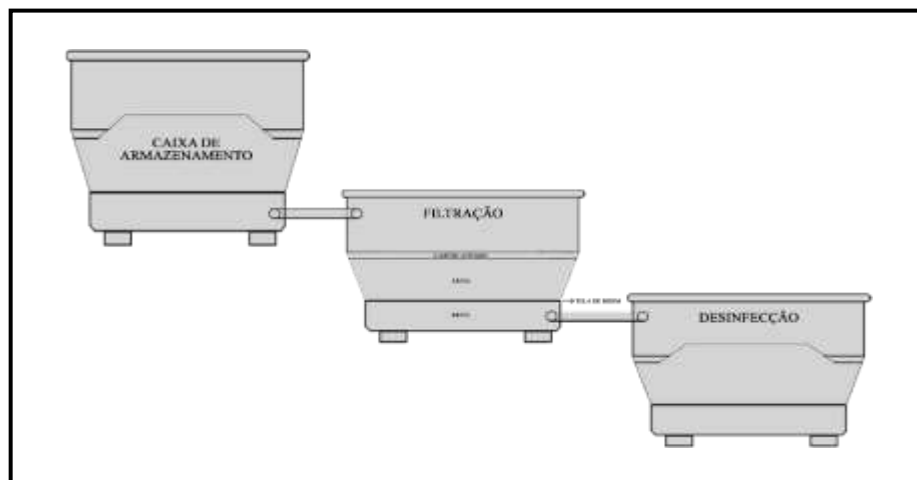
**Figura 38** – Vista aérea, frontal da área de instalação (55 m<sup>2</sup>) do sistema de tratamento na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor; Google Earth (2020).

O sistema experimental de águas cinza (Figura 39) será constituído dos seguintes itens:

**Figura 39** – Esquema do sistema de tratamento de águas cinza na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

### 4.3.1 Tanque de Armazenamento

Considerando o volume diário de águas cinza gerado (13.000 litros/dia) será necessário um reservatório de polietileno com capacidade de 15.000 litros (2.000 para caso de excedentes), ligados por dutos comunicantes ao sistema de saída da lavanderia e a entrada da filtração. Optou-se pelo uso desse modelo em razão do produto ser comercializado.

**Figura 40** - Modelo de tanque de armazenamento na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

### 4.3.2 Sistema de Filtração

Para o sistema de filtração, optou-se por uma proposta de fácil confecção, com uma caixa plástica de 1.000 litros e agregados específicos, que proporcionam a taxa de filtração necessária no tratamento. A Figura 39 demonstra o filtro de múltiplas camadas.

Neste sentido, para o tratamento das águas cinza retidas no reservatório de acumulação, o sistema de filtração será lento e operado em modo de fluxo descendente, que por ação da gravidade escoará a água por meio filtrante com areia e carvão ativado.

O meio filtrante consistirá em uma camada de brita ou seixos a uma espessura de 15 cm, depois a aplicação de uma tela de Geotêxtil para não permitir que ocorra a mistura de um meio com o outro (brita/carvão). Posteriormente uma camada em carvão ativado com granulometria 0,30 a 0,84 mm e espessura de 30

cm e a complementação da coluna com areia de granulometria 0,08 A 1,00 mm e espessura 30 cm.

**Figura 41** - Estrutura do tanque de filtração na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

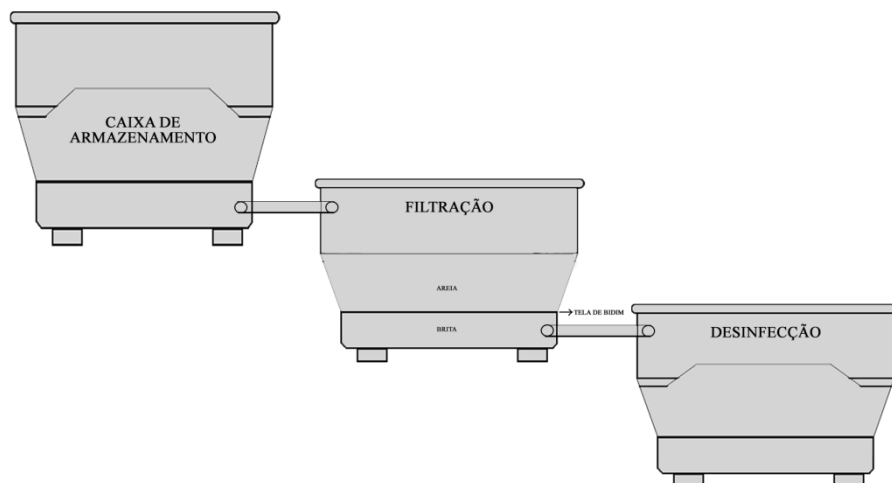


Fonte: Próprio autor.

#### 4.3.3. Sistema de Desinfecção

Diante das características do efluente gerado na lavanderia, o processo de desinfecção far-se-á necessário. Neste caso, após o tratamento pelo meio filtrante, o efluente seguirá para a etapa de cloração.

**Figura 42** - Estrutura do sistema de desinfecção na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

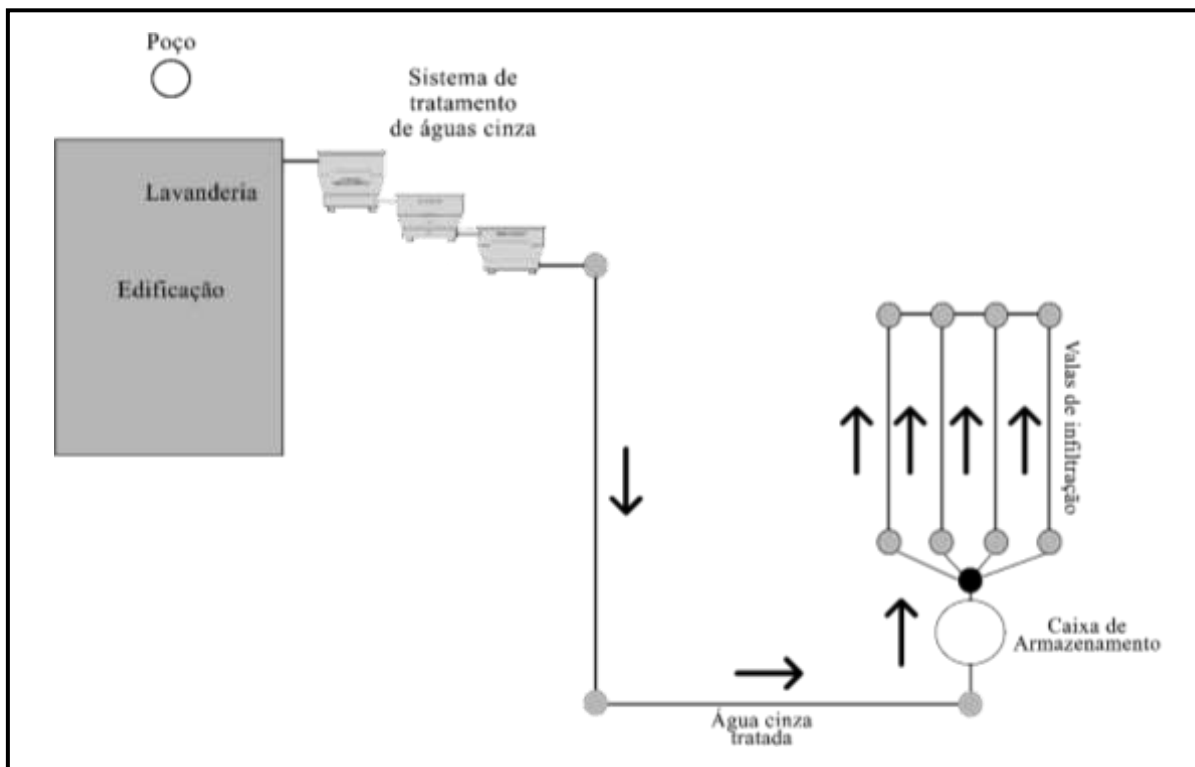


Fonte: Próprio autor.

Segundo Daniel (2000), o desinfetante mais disseminado no Brasil, e na maioria dos países, é o hipoclorito de sódio, tanto por questões de custo competitivo, quanto pelo domínio da técnica de aplicação, controle e da disponibilidade.

Para realizar a cloração das águas cinza, o sistema poderá ser automatizado, com um sensor medidor de vazão. Essa vazão acionaria a bomba para ativar o reservatório de cloro, enviando para o sistema a quantidade necessária para desinfecção, como já ocorre na instituição no tratamento de águas dos poços. O cloro residual permanecerá com uma concentração de pelo menos 0,5 mg/L conforme determina a ABNT NBR:13969, 1997.

**Figura 43** - Modelo de ETE piloto na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis



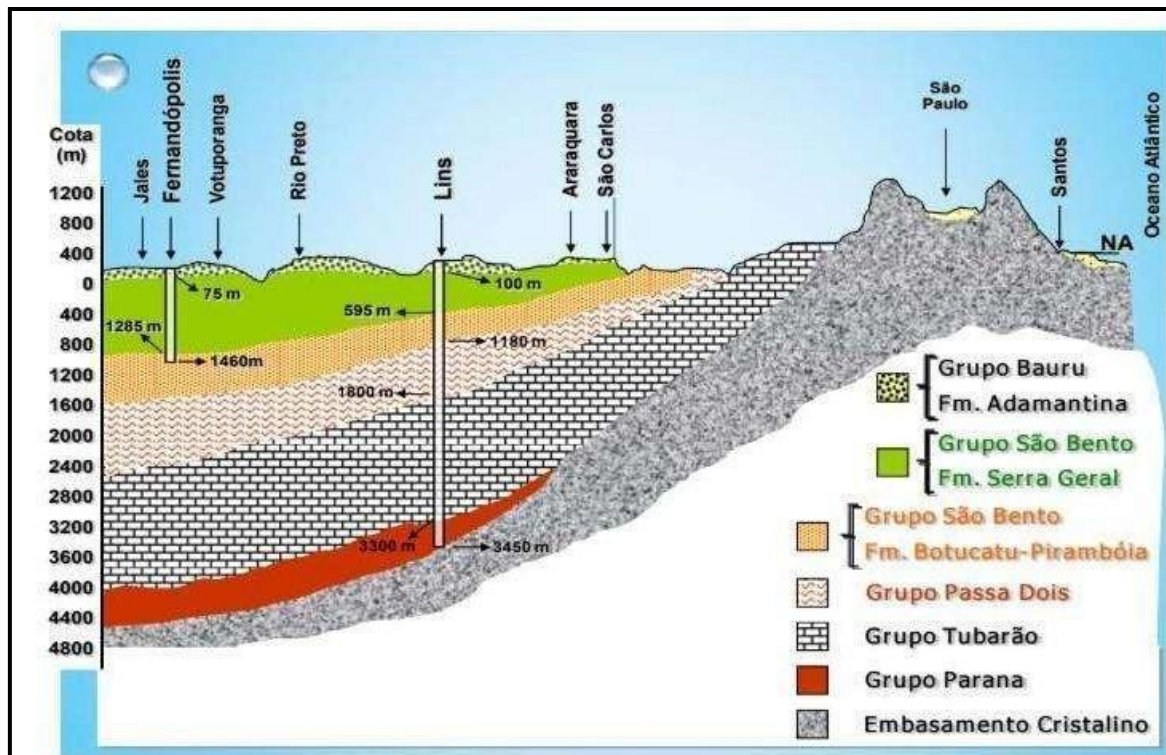
Fonte: Próprio autor.

#### 4.3.4 Recarga de Aquífero

A área de estudo está localizada sobre o Aquífero Bauru. Segundo o Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, este é um aquífero sedimentar, de extensões regionais, que em sua maior parte é a principal fonte de abastecimento para toda a porção oeste do Estado, ocupando uma área aproximada de 96.880 km<sup>2</sup>. De acordo com Kaminishikawahara et.al (2011) este é um aquífero livre,

totalmente aflorante em superfície, e com capacidade de recarga de água por toda a sua extensão.

**Figura 44** - Seção Geológica esquemática (Sudeste-Nordeste do Estado de São Paulo)



Fonte: Oliveira (2009)

#### 4.3.5 Dados referentes aos poços

A partir da pesquisa sobre os dados dos poços localizados na área de estudo e cadastrados no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) foram obtidas as seguintes informações:

**Quadro 34** - Dados dos poços subterrâneos da na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis

	<b>POÇO 1</b>	<b>POÇO 2</b>
Latitude	20°17'46.080" S	20°17'45.320" S
Longitude	50°14'50.610" W	50°14'49.060" W
UGRHI	15 - TURVO / GRANDE	15 - TURVO / GRANDE
Propósito da obra	Captação de água	Captação de água
Profundidade do Poço (m)	72	72
Unidade Aquífera	Bauru	Bauru
Vazão máxima de exploração (m <sup>3</sup> /h)	6,8/ 7h e 28 min	4,8 / 7h e 45 min
Volume máximo diário captado (m <sup>3</sup> )	50,77	4,8

Fonte: Próprio autor.

Partindo do pressuposto que os poços funcionam todas as horas autorizadas na outorga, nos meses com 30 dias este volume é, em média, de 2.637,84 m<sup>3</sup>. O quadro 15 apresenta o consumo na lavanderia de 1.014m<sup>3</sup>, e deste, apenas 392,4 m<sup>3</sup> foi considerado como águas cinza em condições de reuso.

Com base nesses dados, aproximadamente 15% do volume total retirado pela Santa Casa poderá ser infiltrado. Vale ressaltar que devido à localização no aquífero Bauru, existe a possibilidade que, ao longo dos meses, esta prática possa promover a recarga em direção ao aquífero explotado.

Dessa forma, a Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis iniciaria um processo de Gestão Racional do Uso Racional da Água, a ser iniciado pelo reuso da água da lavanderia. Assim, a Instituição envidaria esforço para a infiltração de parte da água retirada pelos poços além da redução financeira pelo tratamento de esgotos, pelo fato que os 13 m<sup>3</sup> diários infiltrados não seriam enviados para a ETE do município.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a situação dos recursos hídricos no país, é fundamental que haja a adoção de tecnologias voltadas para o uso racional e instrumentos que proporcionem a redução na demanda desses recursos. Assim, o reuso de água para recarga de aquífero seria uma opção viável para diminuir os custos advindos do tratamento de esgotos e despertar da gestão racional da água de forma a garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos.

É de suma importância que as instituições tomem consciência do uso racional deste bem, e consumam a água gerando a menor quantidade de efluentes possível nos corpos hídricos.

Neste sentido, o presente trabalho propôs-se a focar nas perspectivas de reuso de água como instrumento de gestão integrada aos recursos hídricos, analisando uma proposta de recarga do aquífero Bauru na bacia hidrográfica do Turvo Grande.

No caso da Santa Casa de Fernandópolis, o armazenamento das águas cinzas para tratamento é tecnicamente possível. Porém, deve ser considerado o volume gerado por dia e o monitoramento por meio de análises periódicas das características do efluente, além de poços de monitoramento próximos aos locais de infiltração da água cinza.

Por outro lado, no dimensionamento das valas, devem ser vistas as condições do terreno, bem como o coeficiente de infiltração, sua posição relativa do poço, se houver, e o nível do lençol freático.

A solução encontrada foi apresentar, por meio deste estudo, a elaboração do Manual de Reuso de águas cinzas das lavanderias hospitalares, como uma orientação inicial para compensar as captações subterrâneas. Portanto, as estratégias e mecanismos capazes de garantir o desenvolvimento mais efetivo do reuso das águas cinzas nas instituições depende muito do compromisso com a segurança hídrica e o desenvolvimento regional.

Logo, ao se implantar um sistema de reuso não potável na unidade, deve-se esclarecer para todos os usuários a importância da iniciativa para o ambiente, a economia gerada, os riscos e os cuidados a serem tomados, visando conscientizar e educar os colaboradores.

Destaca-se a necessidade de novos estudos no sentido de detalhar a existência de micropoluentes na água de reúso, tais como hormônios e fármacos, a eficiência dos tratamentos propostos, o uso de hidrômetros ou outros medidores para uma medição real do volume de que sai dos processos de enxágues, além das taxas de recarga.

Dessa forma, este trabalho evidenciou que a possibilidade de preservar os recursos hídricos é uma alternativa tangível por meio do reúso de água cinza proveniente de lavanderia hospitalar.

## 6 CONCLUSÕES

As análises físicas, químicas e microbiológicas da água da lavanderia (águas cinzas) identificaram concentrações, em sua maioria, dentro dos padrões da literatura.

O consumo de água na SantaCasa de Misericórdia de Fernandópolis foi responsável por 38%, em média, do total da instituição. Com os valores do coeficiente de infiltração mais baixo utilizado na área mais adequada da Santa Casa, foi possível estimar a infiltração da água cinza analisada, em um vazão de 13 m<sup>3</sup>/dia.

O manual orientativo sobre o reuso de águas cinzas de lavanderias hospitalares contribuirá para que os dados produzidos neste trabalho, com base na legislação, sejam divulgados, ampliados e refinados, para desenvolver ações de base operacional (*in loco*), contribuindo para o detalhamento e desenvolvimento da gestão, uso racional e reuso da água em nosso país.

### PRÓXIMOS TRABALHOS:

Apresentar uma avaliação econômica da proposta apresentado.

Avaliar o restante do efluente, bem como considerar todo o volume de água utilizado na lavanderia.

Realizar análises para eficiência do sistema de tratamento na remoção dos contaminantes e nutrientes indesejados

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7229**: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país**. São Paulo: ABES, 2013. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/4203-falta-de-normas-tecnicas-para-reuso-de-agua-ainda-e-um-problema-no-pais>. Acesso em: 17 fev. 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL - ADASA. **Diagnóstico de viabilidade, metodologia e plano de ação para a implantação de programa de redução de consumo de água em prédios públicos do governo do Distrito Federal**. Brasília, DF, 2017. 145 p.

Disponível em:

[http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/abastecimento\\_agua\\_esgotamento\\_sanitario/estudos/programa\\_reducao\\_agua.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/estudos/programa_reducao_agua.pdf). Acesso em: 08 abr. 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL - ADASA. **Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no Distrito Federal**. Brasília, DF, 2015. 66 p. Relatório de consulta técnica.

AHMAD, J.; EL-DESSOUKY, H. Design of a modified low cost treatment system for the recycling and reuse of laundry wastewater. *Resource, Conservation and Recycling*. n.52, p.973-978. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Processamento de roupas de serviços de saúde**: prevenção e controle de riscos. Brasília, DF, 2009. 102 p.

ARSEGO, J.; POLETTO, R. A.; MEDEIROS, E.; GONTIJO, A. L. Riscos ocupacionais na área contaminada de uma lavanderia hospitalar. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: [s. n.], 2008. 2 p.

ASANO, T. **Wastewater reclamation and reuse**. Pennsylvania: Technomic, 1998. 1528 p. (Water Quality Management Library, 10).

BAGGETT, S.; JEFFREY, P.; JEFFERSON, B. Risk perception in participatory planning for water reuse. **Desalination**, Amsterdam, v. 187, p. 149–158, 2006.

BARBOSA, C. M. S.; MATTOS, A. Conceitos e diretrizes para recarga artificial de aquíferos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 15., 2008, Natal. **Anais [...]** Natal: [s. n.], 2008.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookmam, 2013.

BASTOS, A. R.; AFONSO, J. C. Separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 749-756, 2015.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de águas cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976. Dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de setembro de 1976

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, completa e altera a Resolução nº 357, de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. Resolução Nº54 de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução CNRH n. 91/2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 127, Seção 1, p. 80.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução CNRH n. 153/2013. Estabelece critérios e diretrizes para implantação de recarga artificial de Aquíferos no território brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 65, Seção 1, p. 125.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Saneantes. Registro de Produtos. Como Registrar Saneantes. Legislação. Resolução RDC n.184, de 22 de outubro de 2001. Procedimentos referentes ao registro de produtos saneantes domissanitários e outros de natureza e finalidade idênticas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 out. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. **Manual da lavanderia hospitalar**. Brasília, DF: Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1986. 45 p.

BERTOL, G. A. **Avaliação da recarga anual no aquífero Bauru no Município de Araguari, Minas Gerais**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica e Aplicada) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MPBB74MN3Y/dissertacaogisele.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 maio 2020.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BROWN, K. D.; KULIS, J.; THONSON, B.; CHAPMAN, T. H.. MAWHINNEY, D. B. Occurrence of antibiotics in hospital, residencial, and dairy effluent, municipal wastewater, and the Rio Grande in New Mexico. **Science of the Total Environmental**, [s. l.], v. 366, n. 2-3, p. 772-783, 2005.

BUONO, L. N. **Diagnóstico de uso de água no hospital universitário de Londrina: estudo de caso**. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

BUTLER, D.; MEMON, F. (2006) Water Demand Management. Londres: IWA Publishing, Alliance House.

CADAMURO, A. L. M.; CAMPOS, J. E.G. Recarga artificial de aquíferos fraturados no Distrito Federal: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, p. 89-98, 2005.

CAMPINAS. **Resolução nº09, de setembro de 2014**. Resolução conjunta SVDS/SMS nº 09/2014. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETES) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de campinas. Campinas, 4 ago. 2014.

CARACIOLO, P. M. M. **A prática do reúso de águas**: possibilidade de estímulo pela política nacional de recursos hídricos e de instrumento adicional de gestão. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2008.

CARVALHO, N,L; HENTZ, P; SILVA, M,J; BARCELLOS, A,L. Reutilização de águas residuárias. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3165-3171, mar. 2014.

CARRERA-HERNÁNDEZ, J. J.; SMERDONB, B. D.; MENDOZA, C. A. Estimating groundwater recharge through unsaturated flow modelling: Sensitivity to boundary conditions and vertical discretization. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 452-453, p. 90- 101, 2012.

CARIA, C. G. **Estudo da recarga de águas subterrâneas do Concelho de Almada**. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Aplicada) - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8209/1/ulfc103626\\_tm\\_Catarina\\_Caria.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8209/1/ulfc103626_tm_Catarina_Caria.pdf). Acesso em: 08 maio 2020.

CEARÁ. Lei nº 16.033 - 20 de jun. 2016. Dispõe sobre a política de reúso de água não portátil no âmbito do Estado do Ceará. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 20 jun. 2016.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC. **Guidelines for Environmental Infection Control in Health: care facilities: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee - HICPAC**. Atlanta: Department of Health and Human Services- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003. 235 p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICO TURVO - GRANDE-CBH-TG. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2018 UGRHI 15: turvo-grande**. São José do Rio Preto: [s. n.], 2018. 83 p.

COMITÉ DE COORDINATION DE LUTTES CONTRE LES INFECTIONS NOS OCOMIALES – CCLIN. **Elimination of liquid effluents in hospital establishments**. Paris: Institute of biomedical, Cordeliers, 1999. 74 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Água de reúso**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=583>. Acesso em: 29 nov. 2019.

CONSTANZO, S. D.; MURBY, J.; BATES, J. Ecosystem response to antibiotics entering the aquatic environmental. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 51, p. 218-223, 2005.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS -CPTI. **Fundamentos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos dos usuários urbanos e industriais**. Osasco: [s. n.], 2012. 195 p.

CROOK, J. Critérios de qualidade para a água de reúso. **Revista Dae**, Sao Paulo, v. 174, p. 10-18, nov. 1993.

CUNHA, A. H. N. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.

CUNHA, V. D. **Estudo para proposta de criterios de qualidade da água para reuso urbano**. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, Sao Paulo, 2008.

DANIEL L. A. Alternativas para desinfecção de esgotos sanitários. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA APLICADA AO SANEAMENTO, 1., 2000, Vitória. **Anais** [...] Vitória: [s. n.], 2000. p. 54-59.

DELOFFRE, B. N **Les rejets des établissements de santé: des effluents liquides aux déchets solides**. Lyon: Mémoire de Maîtrise, Université Claude Bernard-Lyon 1, Institut Universitaire Professionnalisé, Génie de l'Environnement-Ecodéveloppement, 1995. 75 p.

DIAMANTINO, C. Metodologias de recarga artificial de aquíferos. *In*: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 7., 2005, Évora. **Anais** [...] Évora: [s. n.], 2005..

DIAZ, J. M. M.; GOMEZ, J. A. O.; ARMAYOR, J. L.; CATANO, S. C. **Recarga artificial de aquíferos**: síntesis metodológica. Provincia de Alicante: Editores LÓPEZ GETA, J. A.; HERNANDEZ, L. R., 2000.

DICHTL, I. N. **Treatment technologies for Hospital Wastewaters**. Braunschweig: Institute for Sanitary and Environmental Engineering Technical University of Braunschweig Germany, 2004.

DILLON, P. Future management of aquifer recharge. **Hydrogeol Journal**, [s. l.], v. 13, p. 313–316, 2005.

EMMANUEL, E. **Evaluation des risques sanitaires et eecotoxicologiques lies aux effluents hospitaliers**. 2004. Tese (Doutorado) Instituto National des Sciences Appliques de Lyon, Lyon, 2004.

EMMANUEL, E. *et al.* Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw affluents discharging into urban sewer network. **Journal of Hazardous Materials A**, Amsterdam, v. 117, p. 1-11, 2005.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Guidelines for waer reuse**. 2012. Office of Water, Washington.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H.; LEDIN, A. A characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 58-104, 2002.

FARIAS, A. P. S.; SILVA, R.F.G.; NUNES, N.J.G.; MELO, P.M.S. Análise do processamento de roupas em lavanderia hospitalar: um estudo de caso em um Hospital Público do Sertão do Pajéu (PE). *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 8., 2012, Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro: CNEG, 2012. p. 1-14.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (coord.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000.

FETTER, C.W. **Applied hydrogeology**. 4. ed. New York: Prentice Hall, 2001. 615 p.

FIOCRUZ FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Relatório de gestão do exercício de 2017**. Rio de Janeiro: Sem, 2018. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/35466/2/relatorio\\_gestao\\_fiocruz\\_2017.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/35466/2/relatorio_gestao_fiocruz_2017.pdf). Acesso em: 15 abr. 2020.

FIORILLO, F.; PAGNOZZI, M.; VENTAFRIDDA, G. A model to simulate recharge processes of karst massifs. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 29, n. 1, p. 2301-2314, 2015.

FOX, P. Advantages of aquifer recharge for a sustainable water supply. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EFFICIENT WATER USE IN URBAN AREAS - INNOVATIVE WAYS OF FINDING WATER FOR CITIES, 1999, Kobe. **Proceedings** [...] Kobe: [s. n.], 1999.

FRIEDLER, E. KOVALIO, R. GALIL, N. I. **On-site greywater treatment and reuse in multistory buildings**. *Water science and Technology*, v. 51, nº10, p. 187-194, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA -. Ministério da Saúde (org.). **Manual de Saneamento**. Brasília: Sem, 2015. 648 p. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Mnl\\_Saneamento.pdf/ae1d4eb7-afe8-4e70-ae9a-0d2ae24b59ea](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Mnl_Saneamento.pdf/ae1d4eb7-afe8-4e70-ae9a-0d2ae24b59ea). Acesso em: 08 jul. 2020.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 38 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GAUTAM, K.; KUMAR, S.; SABUMON, P. C. Preliminary study of physico- chemical treatment options for hospital wastewater. **Journal of Environmental Management**, London, v. 83, n. 3, p. 298-306, 2007.

GIAMPÁ, C. E. Q. Demanda por água na América Latina cresceu 76% em 15 anos. **Água e Meio Ambiente Subterrâneo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 10-11, 2010. Disponível em: <https://www.abas.org/imagens/revista18.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.

GONÇALVES, R.F. (2006) **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES. 352 p.

GREYWATER REUSE IN SEWERED SINGLE DOMESTIC PREMISES , april 2000. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/publichealth/ehb/general/wastewater/wastewater.html>. Acesso em: 14 de dez. 2020

GUILHEM, P. E. **Efluentes hospitalares**. São Paulo: Setor de Pesquisa em Efluentes Industriais, 1994. 30 p. Relatório.

GRÜTZMACHER, G.; KUMAR, P. J. S. **Introduction to Managed Aquifer Recharge (MAR):** overview of schemes and settings worldwide. [S. l.]: Research Gate. Conference Paper, 2012.

HESPANHOL, I. Água e Saneamento básico. *In:* REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escritura, 1999. Cap. 8, p. 249-303.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2003.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

HOAG, L. S. A. **Reuso de água em hospitais:** o caso do Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”. 2008. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2008.

JAMRAH, A.; AL-FUTAISI, A.; PRATHAPAR, S.; AHMED, M.; AL-HARRASI, A. Evaluating greywater reuse potencial for sustainable water resources management in the sultanate of Oman. *In:* INTERNACIONAL WATER DEMAND MANAGEMENT CONFERENCE, 2004, Jordan. **Proceedings** [...] Jordan: [s. n.], 2004. Disponível em: [http://wdm2004.org.new\\_web/technical\\_session/files/ahmad\\_jamrah.pdf](http://wdm2004.org.new_web/technical_session/files/ahmad_jamrah.pdf). Acesso em: 20 jun. 2020

JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**, Amsterdam, v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

KAMINISHIKAWAHARA, K. K; KOZAKA, M. V; UYETA, M. Y; JESUS, M.R; OHMURO, M. L. **Contaminação por nitrato do aquífero Bauru em meio urbano.** Sao Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. 33 f. Trabalho da disciplina Águas em Ambientes Urbanos.

KIPERSTOK, A.; GARCIA, A. (2011) Mudanças climáticas e o abastecimento de água: uma reflexão sobre o papel da gestão da demanda na Bahia. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 21, n. 2, p. 465-480

KÜMMERER, K. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review. **Chemosphere**, Oxford, v. 45, p. 957–969, 2001.

LOPES, T. P.; FERREIRA, C. M. Monitoramento da estação de tratamento de efluentes de uma lavanderia industrial, município de Florianópolis/SC. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais** [...] Rio de Janeiro: ABES, 2007.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2009.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

MARCH, J. G.; GUAL, M.; SIMONET, B. M. Determination of residual chlorine in grey water using o-tolidine. **Talanta**, London, v. 58, p. 995-1001, 2002.

MAZIERO, T. A.; WENDLAND, E. Avaliação da recarga subterrânea de bacias urbanas no município de São Carlos, SP. *In*: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 14., 2005, Ribeirão Preto. **Anais [...]** Ribeirão Preto: [s. n.], 2005. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23197/15308>>. Acesso em 11 de maio de 2020.

MELO, M. C; MEJIA, M; SANTOS, A. S. P. Reuso: Instrumento de um novo modelo de gestão das águas. **Águas do Brasil**, Birigui, v. 8, n. 26, p. 22-29, 2019. Disponível em: [https://issuu.com/aguasdobrasil/docs/revista\\_a\\_guas\\_do\\_brasil-26-web](https://issuu.com/aguasdobrasil/docs/revista_a_guas_do_brasil-26-web). Acesso em: 23 fev. 2020.

MENDONÇA, K. P. L. **Tratamento de águas cinza provenientes de lavanderias visando reúso**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

MESIANO, R. A.; LISBOA, T. C. **Processamento de roupas em serviços de saúde**. [S. l.: s. n.], 2006. Apresentação ppt.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. Nova York: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 10, p. 99-110, 1994.

MIERZWA, J. C.; MARTINS, H.; TOMAZ, P. Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país. **Revista TAE**, Santo André, v. 2, n. 12, p. 16-19, 2013.

MONTE, M. H. M. **Water reuse in Europe**: E-Water Official Publication of the European Water Association (EWA), 2007.

MORUZZI, R. B. Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. **Olam - Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, v. 8, n. 3, p. 271-294, 2018.

MOURA, A. N. Recarga artificial de aquíferos: os desafios e riscos para garantir o suprimento futuro de água subterrânea. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais [...]**São Paulo: [s. n.], 2004.

NAVACHI, J. A. **Reutilização dos efluentes tratados**: caso de uma lavanderia Industrial. 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.

NORONHA, V. L. S. Águas residuais hospitalares: caracterização e tratamento. **Tecnologias do Ambiente**, Florianópolis, n. 48, p. 32-35, 2002.

NORONHA, V. L. S. Características das águas residuais em alguns hospitais portugueses e proposta de tratamento. **Tecnologias do Ambiente**, [s. l.], n. 49, p. 39-44, 2009.

OLIVEIRA, I. S. **Estudo combinado entre o uso de processos oxidativos avançados (POA's) com fotocatalise (ozônio/UV e reagente de Fenton/UV) e o tratamento convencional (lodo ativado) dos resíduos orgânicos gerados nos laboratórios da Faenquil**. 2004. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Lorena, 2004.

OLIVEIRA, A. C. **Estudo de reabilitação de poço tubular profundo pertencente ao sistema de abastecimento da cidade de fernandópolis**. 2009. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2009.

PIVELI, R. P.; FERREIRA FILHO, S. S. **SANEAMENTO e FILTRAÇÃO**. Parana: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2002. 115 slides.

PRADO, T. **Avaliação da eficiência de um sistema de tratamento de efluente hospitalar por processo anaeróbio na remoção de coliformes, Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella pneumoniae resistentes a antibióticos e Vírus da Hepatite A**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

PEREIRA, E. O. S. **Reuso da água**. 2010. 30 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

PESCOD, M. B. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. **FAO irrigation and drainage paper 47**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992.

POEHLS, D. J.; SMITH, G. J. **Encyclopedic dictionary of hydrogeology**. New York: Elsevier, 2009. 517 p.

PIDOU, M.; MEMON, F. A.; STEPHENSON, T.; JEFFERSON, B.; GREYWATER, J. P. Recycling: treatment options and applications. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers Engineering Sustainability**, [s. l.], v. 160, p. 119- 131, 2007.

PIANOWSKI, E. H.; JANISSEK, P. R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare**, Curitiba, v. 20, n. 20, p. 6-17, 2003.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e Tratamento de Águas cinza visando reúso doméstico**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014).

RAPOPORT, B. **Águas Cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública, 2004. Disponível em: <http://teses.icict.fiocruz.br/pdf/rapoportbm.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

RHAMA. **Tecnologias de gestão de recursos hídricos em Israel**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/index.php/gestao-de-recursos-hidricos/tecnologias-de-gestao-de-recursos-hidricos-em-israel/>. Acesso em: 25 nov. 2019.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

REINTHALER, F.F., POSCH, J., FEIERL, G., WUST, G., HASS, D., RUCKENBAUER, G., MASCHER, F., MARTH, E. Antibiotic Resistance of E.coli in Sewage and Sludge. **Water Research**, New York, v. 37, p. 1685-1690, 2003.

REZENDE, A. T. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil**. 2016. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

ROSEIRO, C. M. S. D. **Recarga artificial de aquíferos: aplicação ao sistema aquífero da Campina de Faro**. Lisboa: [s. n.], 2009.

RUBIM, C. Águas subterrâneas têm boa qualidade por menor custo. **Revista Tae**, Sao Paulo, v. 6, n. 22, dez. 2014.

RUBIM, C. Reuso das águas cinzas gera economia financeira e ambiental. **Revista Tae**: especializada em tratamento de água e efluentes, Santo André, v. 4, n. 6, p.1-11, abr. 2012.

SAMWEL, M. **Alternatives for sanitary systems ecological sanitation: a chance for rural romanian areas**. [S. l.]: WECF Women in Europe for a Common Future, 2005.

SANTOS, D. C.; ZABROCKI, L. **Graywater characterization in residential Building to assess its potencial use**. Curitiba: UFPR, 2003.

SÃO PAULO. **Resolução nº 01, de 28 de junho de 2017**. Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de Junho de 2017. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. São Paulo, 29 jun. 2017. p. 41-42.

SHARMA, S. K., KENNEDY, M. D. Soil aquifer treatment for wastewater treatment and reuse. **Internation Biotererioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 19, p. 671-677, 2016.

SILVA JUNIOR, L. C. S.; ARAUJO, B. M.; SANTOS, A. S. P.; OBRACZKA, M; BOTTREL, S.E.C. Panorama do reúso de efluentes nas estações de tratamento de esgoto da região sudeste. *In: CONGRESSO ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 30., [s. l.]. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2019. p. 1-8. 2019.

SOSTAR-TURK, S.; PETRINI, I.; SIMONIC, M. Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 44, p. 185-196, 2005.

SOUTHEASTERN WISCONSIN REGIONAL PLANNING COMMISSION - SEWRPC. Artificial Groundwater Recharge and Management. *In: SOUTHEASTERN WISCONSIN REGIONAL PLANNING COMMISSION - SEWRPC. State-of-the-Art of Water Supply Practices*. Waukesha: Ruekert & Mielke, 2006. Cap. 6, p. 67-104. (Technical Report, 43), .Disponível em: [http://www.sewrpc.org/SEWRPCFiles/Publications/TechRep/tr-043\\_water\\_supply\\_practices.pdf](http://www.sewrpc.org/SEWRPCFiles/Publications/TechRep/tr-043_water_supply_practices.pdf). Acesso em: 25 nov. 2019.

SOUZA, P. MENDES, W. **Segurança do paciente**: conhecendo riscos nas organizações de saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2014. v.1. 452 p.

SOUZA, C. G. **Dimensionamento de filtro rápido de dupla camada gravitacional e proposta de automatização do sistema de tratamento químico na estação de tratamento de água de uma concessionária de água**. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ - SEMACE. **Resolução COEMA 02/2017, de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, 2017.

TAVARES, J. S.; FERRANTE, V. L. B. Organizações não governamentais ambientais na unidade de gerenciamento de recursos hídricos dos Rios Turvo e Grande: entre a resistência e a utopia, algumas reflexões. *In: JORNADA DE ESTUDOS EM ASSENTAMENTOS RURAIS*, 4., 2009, Campinas. **Anais [...]** Campinas: FEAGRI-Unicamp, 2009.

TESTEZLAF, R. Filtros de areia aplicados à irrigação localizada: teoria e prática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 604-613, Não é um mês valido! 2008. Trimestral. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n3/a20v28n3.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION. **Facts about laundry**: types of laundry products. [S. l.: s. n.], 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas: interfaces no gerenciamento. *In*: PHILIPPI, J. R.A.(ed). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole; São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/ USP, 2005. p. 375- 411. (Coleção Ambiental, 2).

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Estudo de processos aplicados ao tratamento de efluentes de serviços de saúde com ênfase na etapa de remoção de organismos patogênicos**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 2003. 98 p. Relatório.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Hospital de Clínicas da UNICAMP. **Transparência Unicamp**. Campinas, 2020. Disponível em: <https://hc.unicamp.br/imprensa/guideline/>. Acesso em: 22 fev. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Water Reuse Action Plan**. Washington: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/waterreuse/water-reuse-action-plan>. Acesso em: 25 nov. 2019.

VERLICCHI, P.; GALLETTI, A.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 389, p. 416–428, 2010.

WILDERER, P. A. Decentralized sanitation and reuse: a new concept for economic water management worldwide. *In*: ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY SYMPOSIUM, 2002, Bavaria. **Proceedings** [...] Bavaria: [s. n.], 2002.

WHO WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva: WHO, 1973. (Technical Report Series, 517).

WORSLEY, L. **If walls could talk**: an intimate history of the home. London: Faber and Faber. 2011.

## Anexo A – Laudo das Análises



## Relatório de Ensaio

68060/2019- Rev. 0 - A



Emissão: 13/12/2019

Dados Referentes ao Contratante					
Nome/Razão Social	JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA			CNPJ/CPF	
Endereço	AV Brasil, 56 - Centro-Ilha Solteira/SP				
Contato	Laiane Cláudia L. Giloti	E-Mail	lc.giloti@unesp.br	Tel:	

Dados Referentes à Amostra	
Número da Amostra	68060/2019
Data e Hora do Recebimento	01/11/2019 10:14

Dados Referentes à Coleta					
Coletor	Coleta Realizada pelo cliente		Data e Hora da Coleta	31/10/2019 13:21	
Identificação do Ponto	Processo Leve				
Tipo de Amostra	Água Bruta	Chuva	Não	Chuva nas últimas 24h	Não
Método de amostragem	A descrição do material ensaiado, plano e procedimento de amostragem são de inteira responsabilidade do cliente.		Plano de amostragem	11865/2019	

## Ensaio realizado nas instalações da Controle Analítico

Cistos de Giardia e Cryptosporidium sp - Água/Efluente							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
<i>Cryptosporidium</i>	<LQ	-	Oocista/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
<i>Giardia</i> sp.	<LQ	-	cista/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
DBO + DQO							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
DBO	<LQ	-	mg/L	2	-	SMEWW 5210B Ed. 22	01/11/19 - 16:00
DQO	84,0	-	mg/L	5	2,6	SMEWW 5220D Ed. 22	01/11/19 - 14:00
Dureza Total							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Cálcio total	49,41	-	mg/L	0,1	0,53	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Dureza total	167	500	mg/L	0,165	4,2	SMEWW 2340 B Ed. 22	08/11/19 - 15:58
Magnésio total	10,480	-	mg/L	0,025	0,069	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:57
IONS							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Bromato	<LQ	0,01	mg/L	0,01	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Cloreto	20,5	250	mg/L	0,5	0,94	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Clorito	<LQ	1,00	mg/L	0,05	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nitrato (como N)	9,28	10,0	mg/L	0,022	0,25	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nitrito (como N)	<LQ	1,00	mg/L	0,152	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Sulfato	4,17	250	mg/L	0,5	0,28	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Alumínio	0,065	0,2	mg/L	0,025	0,0010	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Arsênio	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48

1 / 3

Form 584 - CQ: Relatório de Ensaio - Rev.01

R. Leão XIII, 281 - Remédios, Osasco - SP, 06296-180 - Tel: (11) 3603-9552/9625/5487 - controleanalitico@controleanalitico.com.br  
CNPJ - 05.431.967/0001-41 IE - Isenta IM - 71.962-0

Emissão: 13/12/2019

Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Boro total	<LQ	-	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Cádmio	<LQ	0,005	mg/L	0,001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Chumbo	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Cobre total	<LQ	2,00	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Ferro total	<LQ	0,3	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:48
Fósforo total	1,140	-	mg/L	0,005	0,0071	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:57
Manganês	<LQ	0,1	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:57
Mercurio	<LQ	0,001	mg/L	0,0001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:58
Níquel	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:58
Prata total	<LQ	-	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:58
Zinco	0,028	5,00	mg/L	0,025	0,00013	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:58
Microbiológicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Coliformes Termotolerantes/Fecais	<LQ	-	UFC/100 mL	1	-	SMEWW 9222 D Ed. 22	01/11/19 - 10:25
Coliformes Totais (quanti)	<LQ	-	UFC/100 mL	1	-	SMEWW 9222 B Ed. 22	01/11/19 - 10:25
<i>Escherichia coli</i> (quanti)	<LQ	-	UFC/100mL	1	-	EPA 1603 2009	01/11/19 - 10:25
Ovos Viáveis de Helmintos	<LQ	-	ovos/L	1	-	EPA 625/R-92/013 2003	01/11/19 - 15:13
Parâmetros Físico-Químicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	1,57	1,5	mg/L	0,06	0,12	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
Cianeto Total	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 4500 CN - E Ed. 22	07/11/19 - 11:32
Cloro Residual Total	6,52	-	mg/L	0,01	0,11	HACH 8167 Ed. 9*	01/11/19 - 10:29
Condutividade Elétrica	506	-	µS/cm	1,5	13	SMEWW 2510B Ed. 22	04/11/19 - 08:05
Fenol	<LQ	-	mg/L	0,03	-	HACH 8047 Ed. 8*	06/12/19 - 08:07
Nitrogênio Amoniacal Total	0,956	-	mg/L	0,05	0,074	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
pH	7,5	-	UpH	1 - 13	0,038	ABNT 9251 - 1986	01/11/19 - 11:01
Sólidos Suspensos Totais	<LQ	-	mg/L	30	-	SMEWW 2540D e E Ed. 22	02/12/19 - 15:31
Sólidos Totais Dissolvidos	247	1.000	mg/L	20	9,1	HACH 8160 Ed. 8*	04/11/19 - 17:53
Surfactantes (como LAS)	0,6	0,50	mg/L	0,1	0,074	SMEWW 5540C Ed. 22	01/11/19 - 18:00
Turbidez	24	5,00	NTU	1	3,0	SMEWW 2130 - B Ed. 22	01/11/19 - 11:15
Preparo de Amostra							
Parâmetro	Método					Data de Realização	
Preparo de Amostra - IC	EPA 300.1					01/11/2019 12:26	
Preparo de Amostra - Metais Direta	SMEWW 3030A,B,D,E,F e G Ed. 22					04/11/2019 15:04	



Emissão: 13/12/2019

Observações
<p>Geral Amostra - Amostra recebida com o prazo de validade vencido para análise de Cloro (livre/total) (análise a ser realizada logo após a coleta da amostra)</p> <p><b>pH Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b> - Conforme Capítulo V, Art. 39, par. 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.</p>

Conclusão do Relatório
<p><b>As opiniões e interpretações expressas abaixo, não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.</b></p> <p>O(s) resultado(s) do(s) parâmetro(s) <b>Amônia (como NH<sub>3</sub>), Surfactantes (como LAS), Turbidez</b> está(ão) em desacordo com o(s) limite(s) <b>Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b>, mas atende aos demais parâmetros analisados.</p>

**Legendas**

(-): Não Aplicável.

VR: Valor de Referência - Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)

L.Q.: Limite de Quantificação.

U: Incerteza expandida ( U ) baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1986.

EPA: Environmental Protection Agency - 1999.

EPA: Environmental Protection Agency - 2003.

EPA: Environmental Protection Agency - 2009.

EPA: Environmental Protection Agency - 2012.

HACH: HACH - 8ª.

HACH: HACH - 9ª.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**Informações**

Os resultados apresentados neste documento possuem interpretação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra, qualquer alteração ou reprodução parcial somente com autorização prévia por escrito do Laboratório.

Nota: Regra de decisão adotada pela Controle Analítico: A(s) incerteza(s) expressada(s) nos relatórios, não são consideradas na conclusão/declaração da conformidade a uma especificação ou norma, ficando a critério do cliente e/ou parte interessada a aplicabilidade ou não das incertezas informadas.

**Código para verificação de autenticidade deste documento: BAE800EF63A9A20C378408E10DDD3326492109D5**

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos

1º - Acesse a página <http://relatoriодensaioѕ.controleanalitico.com.br>

2º - Clique na opção "Validar Laudo"

3º - Digite o número da Amostra juntamente com os últimos 6 dígitos de autenticidade

4º - Clique em Validar

Química Josy Rodrigues de Sousa  
CRQ M-04262500  
Signatário Autorizado

Biólogo Francisco Prado Neto  
CRBio 82698-01-D  
Signatário Autorizado

Emissão: 13/12/2019

Dados Referentes ao Contratante								
Nome/Razão Social	JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA					CNPJ/CPF		
Endereço	AV Brasil, 56 - Centro-Ilha Solteira/SP							
Contato	Laiane Cláudia. L. Giloti	E-Mail	lc.giloti@unesp.br			Tel:		
Dados Referentes à Amostra								
Número da Amostra	68061/2019	Data e Hora do Recebimento	01/11/2019 10:14					
Dados Referentes à Coleta								
Coletor	Coleta Realizada pelo cliente			Data e Hora da Coleta	31/10/2019 14:40			
Identificação do Ponto	Processo Super - Pesado Verde							
Tipo de Amostra	Água Bruta			Chuva	Não	Chuva nas últimas 24h	Não	
Método de amostragem	A descrição do material ensaiado, plano e procedimento de amostragem são de inteira responsabilidade do cliente.			Plano de amostragem	11865/2019			

## Ensaio realizado nas instalações da Controle Analítico

Cistos de Giardia e Cryptosporidium sp - Água/Efluente							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
<i>Cryptosporidium</i>	<LQ	-	Oocisto/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
<i>Giardia</i> sp.	<LQ	-	cisto/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
DBO + DQO							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
DBO	2,3	-	mg/L	2	0,068	SMEWW 5210B Ed. 22	01/11/19 - 16:00
DQO	92,0	-	mg/L	5	2,9	SMEWW 5220D Ed. 22	01/11/19 - 14:00
Dureza Total							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Cálcio total	38,53	-	mg/L	0,1	0,42	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Dureza total	126	500	mg/L	0,165	3,2	SMEWW 2340 B Ed. 22	06/11/19 - 23:40
Magnésio total	7,349	-	mg/L	0,025	0,049	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
IONS							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Bromato	<LQ	0,01	mg/L	0,01	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Cloreto	18,5	250	mg/L	0,5	0,85	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Clorito	<LQ	1,00	mg/L	0,05	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nitrato (como N)	6,84	10,0	mg/L	0,022	0,18	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nítrito (como N)	0,264	1,00	mg/L	0,152	0,0042	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Sulfato	1,55	250	mg/L	0,5	0,10	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Alumínio	<LQ	0,2	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Arsênio	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27

Emissão: 13/12/2019

Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Boro total	<LQ	-	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Cádmio	<LQ	0,005	mg/L	0,001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Chumbo	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Cobre total	<LQ	2,00	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Ferro total	<LQ	0,3	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Fósforo total	0,982	-	mg/L	0,005	0,0061	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Manganês	<LQ	0,1	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Mercurio	<LQ	0,001	mg/L	0,0001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Níquel	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Prata total	<LQ	-	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Zinco	<LQ	5,00	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	07/11/19 - 02:27
Microbiológicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Coliformes Termotolerantes/Fecais	<LQ	-	UFC/100 mL	1	-	SMEWW 9222 D Ed. 22	01/11/19 - 10:25
Coliformes Totais (quanti)	<LQ	-	UFC/100 mL	1	-	SMEWW 9222 B Ed. 22	01/11/19 - 10:25
<i>Escherichia coli</i> (quanti)	<LQ	-	UFC/100mL	1	-	EPA 1603 2009	01/11/19 - 10:25
Ovos Viáveis de Helmintos	<LQ	-	ovos/L	1	-	EPA 625/R-92/013 2003	01/11/19 - 15:13
Parâmetros Físico-Químicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	0,544	1,5	mg/L	0,06	0,042	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
Cianeto Total	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 4500 CN - E Ed. 22	07/11/19 - 11:33
Cloro Residual Total	10,82	-	mg/L	0,01	0,18	HACH 8167 Ed. 9*	01/11/19 - 10:29
Condutividade Elétrica	9,06	-	µS/cm	1,5	0,24	SMEWW 2510B Ed. 22	04/11/19 - 08:05
Fenol	<LQ	-	mg/L	0,03	-	HACH 8047 Ed. 8*	06/12/19 - 08:07
Nitrogênio Amoniacal Total	0,450	-	mg/L	0,05	0,035	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
pH	9,1	-	UpH	1 - 13	0,045	ABNT 9251 - 1986	01/11/19 - 11:01
Sólidos Suspensos Totais	<LQ	-	mg/L	30	-	SMEWW 2540D e E Ed. 22	02/11/19 - 15:31
Sólidos Totais Dissolvidos	303	1.000	mg/L	20	11	HACH 8160 Ed. 8*	04/11/19 - 17:53
Surfactantes (como LAS)	0,3	0,50	mg/L	0,1	0,044	SMEWW 5540C Ed. 22	01/11/19 - 18:00
Turbidez	25	5,00	NTU	1	3,2	SMEWW 2130 - B Ed. 22	01/11/19 - 11:15
Preparo de Amostra							
Parâmetro	Método					Data de Realização	
Preparo de Amostra - IC	EPA 300.1					01/11/2019 12:26	
Preparo de Amostra - Metais Digeri	SMEWW 3030A,B,D,E,F e G Ed. 22					06/11/2019 09:51	

Emissão: 13/12/2019

Observações
<p>Geral Amostra - Amostra recebida com o prazo de validade vencido para análise de Cloro (livre/total) (análise a ser realizada logo após a coleta da amostra)</p> <p><b>pH Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b> - Conforme Capítulo V, Art. 39, par. 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.</p>

Conclusão do Relatório
<p><b>As opiniões e interpretações expressas abaixo, não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.</b></p> <p>O(s) resultado(s) do(s) parâmetro(s) <b>Turbidez</b> está(ão) em de acordo com o(s) limite(s) <b>Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b>, mas atende aos demais parâmetros analisados.</p>

**Legendas**

(-): Não Aplicável.

VR: Valor de Referência - Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)

L.Q.: Limite de Quantificação.

U: Incerteza expandida ( U ) baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2$ , para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1986.

EPA: Environmental Protection Agency - 1999.

EPA: Environmental Protection Agency - 2003.

EPA: Environmental Protection Agency - 2009.

EPA: Environmental Protection Agency - 2012.

HACH: HACH - 8ª.

HACH: HACH - 9ª.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**Informações**

Os resultados apresentados neste documento possuem interpretação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra, qualquer alteração ou reprodução parcial somente com autorização prévia por escrito do Laboratório.

Nota: Regra de decisão adotada pela Controle Analítico: A(s) incerteza(s) expressada(s) nos relatórios, não são consideradas na conclusão/declaração da conformidade a uma especificação ou norma, ficando a critério do cliente e/ou parte interessada a aplicabilidade ou não das incertezas informadas.

**Código para verificação de autenticidade deste documento: D29C84752E85E077F3DDA61127AA11059B0DE993**

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos

1º - Acesse a página <http://relatoriодensaioѕ.controleanalitico.com.br>

2º - Clique na opção "Validar Laudo"

3º - Digite o número da Amostra juntamente com os últimos 6 dígitos de autenticidade

4º - Clique em Validar



Química Josy Rodrigues de Sousa  
CRQ M-04262500  
Signatário Autorizado



Biólogo Francisco Prado Neto  
CRBio 82698-01-D  
Signatário Autorizado



Dados Referentes ao Contratante				
Nome/Razão Social	JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA		CNPJ/CPF	505.075.594-87
Endereço	AV Brasil, 56 - Centro-Ilha Solteira/SP			
Contato	Laiane Cláudia. L. Gillioti	E-Mail	lc.gillioti@unesp.br	Tel:

Dados Referentes à Amostra			
Número da Amostra	68062/2019	Data e Hora do Recebimento	01/11/2019 10:14

Dados Referentes à Coleta					
Coletor	Coleta Realizada pelo cliente		Data e Hora da Coleta	31/10/2019 16:10	
Identificação do Ponto	Processo - Super Pesado Branco				
Tipo de Amostra	Água Bruta	Chuva	Não	Chuva nas últimas 24h	Não
Método de amostragem	A descrição do material ensaiado, plano e procedimento de amostragem são de inteira responsabilidade do cliente.		Plano de amostragem	11865/2019	

## Ensaio realizado nas instalações da Controle Analítico

Cistos de Giardia e Cryptosporidium sp - Água/Efluente							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
<i>Cryptosporidium</i>	<LQ	-	Oocisto/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
<i>Giardia</i> sp.	<LQ	-	cisto/L	0,1	-	EPA 1623.1 2012	01/11/19 - 10:40
DBO + DQO							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
DBO	9,6	-	mg/L	2	0,29	SMEWW 5210B Ed. 22	01/11/19 - 16:00
DQO	83,0	-	mg/L	5	2,6	SMEWW 5220D Ed. 22	01/11/19 - 11:00
Dureza Total							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Cálcio total	44,96	-	mg/L	0,1	0,49	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Dureza total	140	500	mg/L	0,165	3,5	SMEWW 2340 B Ed. 22	08/11/19 - 16:00
Magnésio total	6,638	-	mg/L	0,025	0,044	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
IONS							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Bromato	<LQ	0,01	mg/L	0,01	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Cloreto	17,6	250	mg/L	0,5	0,81	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Clorito	<LQ	1,00	mg/L	0,05	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nitrato (como N)	7,95	10,0	mg/L	0,022	0,21	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Nitrato (como N)	<LQ	1,00	mg/L	0,152	-	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Sulfato	2,24	250	mg/L	0,5	0,15	EPA 300.1 1999	01/11/19 - 12:26
Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Alumínio	0,089	0,2	mg/L	0,025	0,0014	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Arsênio	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59

Emissão: 13/12/2019

Metais Totais							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Boro total	<LQ	-	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Cádmio	<LQ	0,005	mg/L	0,001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Chumbo	<LQ	0,01	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Cobre total	<LQ	2,00	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Ferro total	0,075	0,3	mg/L	0,025	0,00038	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Fósforo total	0,310	-	mg/L	0,005	0,0019	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Manganês	<LQ	0,1	mg/L	0,025	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Mercurio	<LQ	0,001	mg/L	0,0001	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Níquel	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Prata total	<LQ	-	mg/L	0,005	-	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 15:59
Zinco	0,054	5,00	mg/L	0,025	0,00025	SMEWW 3120B Ed. 22	08/11/19 - 16:00
Microbiológicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Coliformes Termotolerantes/Fecais	1,9x10 <sup>4</sup>	-	UFC/100 mL	1	2900	SMEWW 9222 D Ed. 22	01/11/19 - 10:25
Coliformes Totais (quanti)	4,0x10 <sup>4</sup>	-	UFC/100 mL	1	5600	SMEWW 9222 B Ed. 22	01/11/19 - 10:25
<i>Escherichia coli</i> (quanti)	1,2x10 <sup>3</sup>	-	UFC/100mL	1	160	EPA 1603 2009	01/11/19 - 10:25
Ovos Viáveis de Helmintos	<LQ	-	ovos/L	1	-	EPA 625/R-92/013 2003	01/11/19 - 15:13
Parâmetros Físico-Químicos							
Parâmetro	Resultado	VR	Unidade	L.Q.	U	Método	Data de Realização
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	1,02	1,5	mg/L	0,06	0,079	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
Cianeto Total	<LQ	0,07	mg/L	0,005	-	SMEWW 4500 CN - E Ed. 22	07/11/19 - 11:33
Cloro Residual Total	0,22	-	mg/L	0,01	0,0038	HACH 8167 Ed. 9*	01/11/19 - 10:29
Condutividade Elétrica	10,36	-	µS/cm	1,5	0,27	SMEWW 2510B Ed. 22	04/11/19 - 08:05
Fenol	<LQ	-	mg/L	0,03	-	HACH 8047 Ed. 8*	06/12/19 - 08:08
Nitrogênio Amoniacal Total	0,843	-	mg/L	0,05	0,065	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> - F Ed. 22	09/12/19 - 15:58
pH	10	-	UpH	1 - 13	0,052	ABNT 9251 - 1986	01/11/19 - 11:01
Sólidos Suspensos Totais	30,0	-	mg/L	30	1,7	SMEWW 2540D e E Ed. 22	02/12/19 - 15:31
Sólidos Totais Dissolvidos	292	1.000	mg/L	20	11	HACH 8160 Ed. 8*	04/11/19 - 17:53
Surfactantes (como LAS)	0,9	0,50	mg/L	0,1	0,12	SMEWW 5540C Ed. 22	01/11/19 - 18:00
Turbidez	40	5,00	NTU	1	5,1	SMEWW 2130 - B Ed. 22	01/11/19 - 11:15
Preparo de Amostra							
Parâmetro	Método					Data de Realização	
Preparo de Amostra - IC	EPA 300.1					01/11/2019 12:26	
Preparo de Amostra - Metais Direta	SMEWW 3030A,B,D,E,F e G Ed. 22					04/11/2019 15:05	



Emissão: 13/12/2019

Observações
Geral Amostra - Amostra recebida com o prazo de validade vencido para análise de Cloro (livre/total) (análise a ser realizada logo após a coleta da amostra) <b>pH Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b> - Conforme Capítulo V, Art. 39, par. 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Conclusão do Relatório
<b>As opiniões e interpretações expressas abaixo, não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.</b>
O(s) resultado(s) do(s) parâmetro(s) <b>Surfactantes (como LAS), Turbidez</b> e está(ão) em de acordo com o(s) limite(s) <b>Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)</b> , mas atende aos demais parâmetros analisados.

**Legendas**

(-): Não Aplicável.

VR: Valor de Referência - Portaria de Consolidação do MS - nº 05/2017 Anexo XX - (Origem 2914/11)

L.Q.: Limite de Quantificação.

U: Incerteza expandida ( U ) baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2$ , para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1986.

EPA: Environmental Protection Agency - 1999.

EPA: Environmental Protection Agency - 2003.

EPA: Environmental Protection Agency - 2009.

EPA: Environmental Protection Agency - 2012.

HACH: HACH - 8ª.

HACH: HACH - 9ª.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**Informações**

Os resultados apresentados neste documento possuem interpretação restrita e se aplicam somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra, qualquer alteração ou reprodução parcial somente com autorização prévia por escrito do Laboratório.

Nota: Regra de decisão adotada pela Controle Analítico: A(s) incerteza(s) expressada(s) nos relatórios, não são consideradas na conclusão/declaração da conformidade a uma especificação ou norma, ficando a critério do cliente e/ou parte interessada a aplicabilidade ou não das incertezas informadas.

**Código para verificação de autenticidade deste documento: C2EAEADE4AF08B724881636064E9A31C9A63BF0**

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos

1º - Acesse a página <http://relatoriодensaio.s.controleanalitico.com.br>

2º - Clique na opção "Validar Laudo"

3º - Digite o número da Amostra juntamente com os últimos 6 dígitos de autenticidade

4º - Clique em Validar

 Química Josy Rodrigues de Sousa  
 CRQ M-04262500  
 Signatário Autorizado



 Biólogo Francisco Prado Neto  
 CRBio 82698-01-D  
 Signatário Autorizado



# **MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA O REUSO DE ÁGUA CINZA NO SETOR HOSPITALAR**



# Sobre a Santa Casa de Fernandópolis

Inaugurado em 28 de Fevereiro de 1956, o Hospital de Ensino Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis é referência na região noroeste paulista, com ampla atuação no atendimento de Urgência, Emergência e Alta complexidade. É conveniado aos níveis secundários e terciários do Sistema Único de Saúde (SUS), Planos de Saúde e Convênios, dispondo de 126 leitos e 9 consultórios. Estima-se mensalmente haver 577 internações e 4.394 atendimentos ambulatoriais.



Por meio da Portaria Interministerial número 1.635, de 6 de agosto de 2013, e publicada um dia depois no Diário Oficial da União, a Santa Casa de Fernandópolis foi credenciado pelos Ministérios da Educação e da Saúde para atuar como Hospital Ensino, sendo motivo de grande orgulho para Fernandópolis e toda região.

## Palavra do Provedor

“Este estudo traz um novo olhar à nossa Santa Casa, demonstrando que podemos adotar ações que vão beneficiar o meio ambiente e, por conseguinte, nossa comunidade, além de reafirmar nossa qualidade como Hospital de Ensino, que preza pelo desenvolvimento científico e acadêmico em todas as áreas do conhecimento, não somente da saúde”.

Marcus Chaer - Provedor




# Apresentação

O Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, vem oferecer à comunidade o seu “Manual de Orientação para o reuso de água cinza no setor Hospitalar”, fruto de uma produção da dissertação defendida em agosto de 2020.

A presente edição, tem a função de orientar e oferecer medidas práticas para implantação de um programa de reuso de água nas instituições hospitalares, apoiando-se em outras obras literárias e manuais técnicos de reuso de águas cinza, consolidando técnicas e definições, bem como tecnologias que possam ser adaptadas em prédios existentes ou inseridos em projetos de novos edifícios.

Esse tipo de publicação serve essencialmente como um orientador que não sobrepõe às experiências e ações acumuladas na prática do reuso.

Dentro do espírito que norteou a elaboração deste manual os autores estão abertos a comentários, observação, críticas, sugestões que contribuam no aperfeiçoamen-



# Sobre o ProfÁgua

O ProfÁgua é um programa de pós-graduação stricto sensu em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA) e recomendado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação. Coordenado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Ilha Solteira, tem como objetivo proporcionar a formação continuada dos profissionais que atuam em órgãos gestores de recursos hídricos (em nível federal, estadual e municipal), Agências de Água, Comitês de Bacia Hidrográfica ou Conselhos de Recursos Hídricos, seja participando desses órgãos ou submetendo pedidos ou projetos de utilização e controle de recursos hídricos. Esse trabalho teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015.

## Sobre os autores

### **Laiane Cládila de Lima Gilioti**

Graduação em Engenharia Química, mestranda em Gestão e regulação de recursos hídricos.

### **Maurício Augusto Leite**

Graduação em Agronomia, mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental e doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. Atualmente é Docente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

Apoio:



# Sumário

Introdução .....	06
Instituições Hospitalares .....	08
O que são águas cinzas .....	09
Águas cinzas dentro da lavanderia hospitalar .....	10
Lavanderia Hospitalar .....	11
Reuso de água .....	12
Aspectos legais e normativos .....	14
Proposta de reuso de água cinza para instituições hospitalares .....	18
Estudo de caso na Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis .....	22
Dimensionamento do sistema de tratamento .....	23
Estação de tratamento de águas cinzas .....	24
Rotina de Manutenção .....	24
Dimensionamento das valas de infiltração .....	25
Dimensionamento da área de infiltração .....	26
Recarga de aquífero .....	27
Resultados .....	28
Considerações Finais .....	28
Referências .....	29



# Introdução

A intensa ocupação do solo tem afetado significativamente as bacias hidrográficas, comprometendo a disponibilidade e a qualidade hídrica. Mesmo o Brasil sendo detentor de boa parte da água doce existente no mundo, sua distribuição é muito desigual, o que se torna um fator limitante no processo de desenvolvimento econômico e social do país.

Em face disto, temos uma população ainda crescente e que constantemente busca por incrementos na garantia de maior produtividade, que enfrenta uma crise de abastecimento de água potável nos centros urbanos, com grandes desafios de preservação ligados as águas superficiais e subterrâneas, principalmente em função do uso indiscriminado e a exploração elevada em algumas bacias hidrográficas.

Esquecemo-nos quase sempre de pensar que a água de diluição está menor em alguns locais, com uma diminuição da capacidade de depu-

-ração de alguns rios. Mesmo que devidamente tratado e dentro dos padrões legais comprometem a vida do rio.

Todas essas situações invariavelmente mostram a necessidade de um sistema de gerenciamento efetivo e que traga instrumentos ou mecanismos que auxiliem o melhor emprego e resultado.

Uma das ações de gestão no Brasil é colocar o tema da água sob nova perspectiva: ao invés de captar, utilizar e descartar no meio ambiente, por que não utilizá-la e reutilizá-la mais de uma vez? Este não é um conceito novo, já existiam referencias quanto sua utilização em Atenas, antes da Era Cristã.

Do mesmo modo hoje, em países como China, Índia, Israel, França e Estados Unidos, já existem grandes áreas irrigadas provenientes de águas residuais. O reuso de água é um instrumento de gestão ambiental, que agrega novas tecnologias para sua utilização e está disposto na Política Nacional de



# Introdução

recursos Hídricos. Em termos legais é classificado segundo os usos preponderantes, ou seja, quando reciclada existe uma variedade de aplicação em áreas urbanas, agrícolas, industrial e seus parâmetros de qualidade são estabelecidos com o potencial de reuso.

Não é menos verdade que o reuso de águas é uma das alternativas para garantir a oferta/demanda. Uma forma que pode ser atraente seria o reuso e infiltração de água no solo nas instituições hospitalares, visto que além do potencial de águas cinzas gerado, também tem potencial para reduzir a pressão sobre os mananciais, possibilitar o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, promover a racionalização do uso da água e ainda contribuir para o aumento da produtividade.

Em termos gerais, é preciso conservar a água de boa qualidade para usos mais nobres. Nossa população tem que desmistificar as inseguranças do

potencial que é o reuso e aumentar a consciência ambiental, afinal, pelo caminho que estamos tomando, mais ou menos dias nossos recursos naturais serão escassos em muitas regiões, exigindo uma reavaliação dos mecanismos de gestão de recursos hídricos nas mais diversas atividades.



# Instituições Hospitalares

A sustentabilidade na área da saúde faz com que os hospitais planejem a segurança hídrica tratando tanto estruturalmente, quanto na conscientização de seus trabalhadores. Desse modo, para a implementação de um programa de reuso de água, torna-se necessário conhecer o consumo, que varia por tipologia de edificação.



O consumo hídrico para prédios sem lavanderia a média é de **500** litros/leito/dia.



O consumo hídrico para prédios com lavanderia a média é de **750** litros/leito/dia.

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Ciência, Educação e a Cultura – UNESCO e a Agência Reguladora de Águas e 19 Saneamento do Distrito Federal–ADASA (2017).

Conheça:



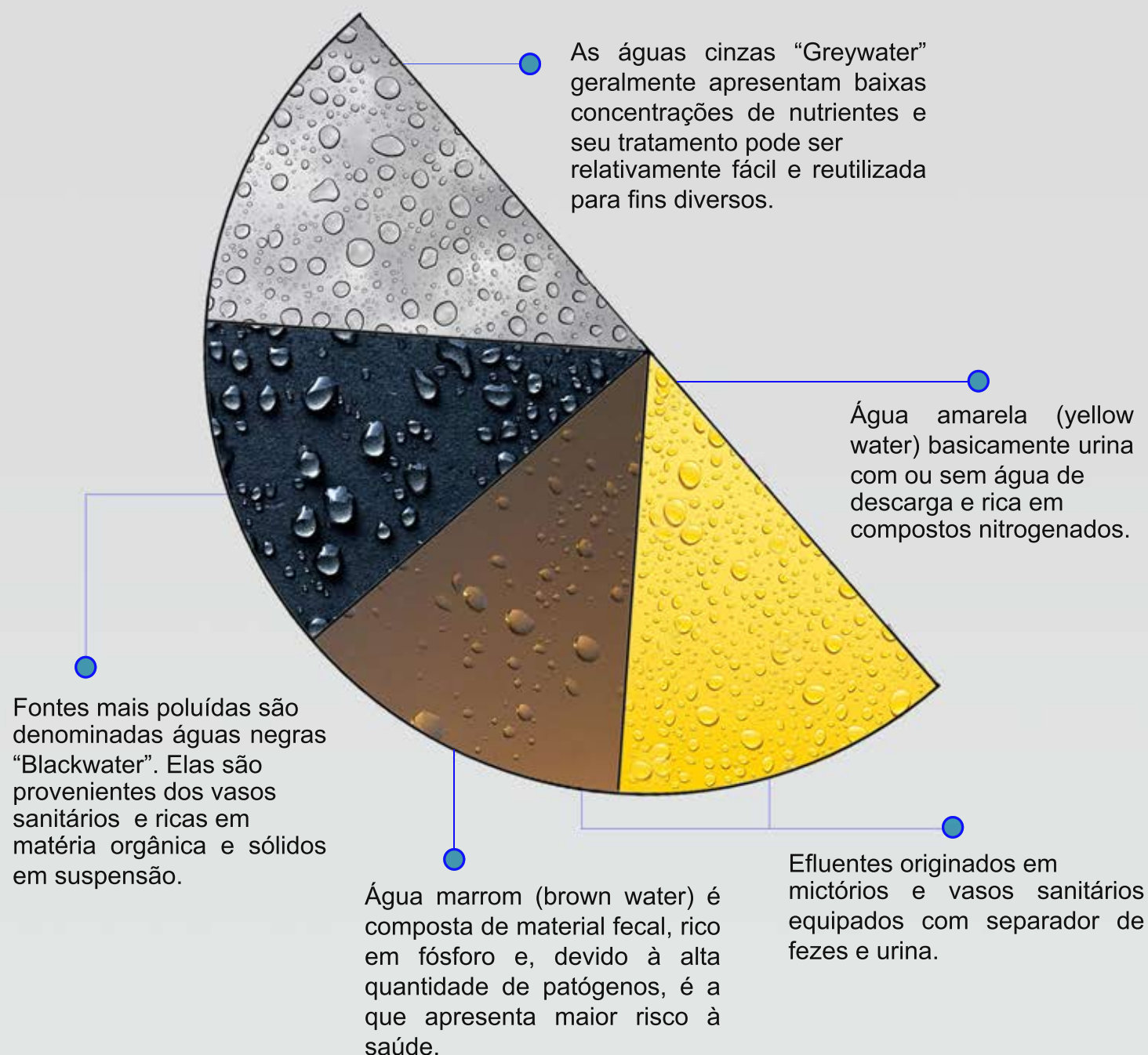
Santa Casa de Fernandópolis,  
consumo médio/mês de 2.637,84m<sup>3</sup>.

Para o lançamento dos efluentes hospitalares, a Resolução CONAMA nº 358/2005 estabelece as condições e padrões de lançamento para a rede pública de esgoto.

# O que são Águas Cinzas?

As águas cinzas incluem as águas residuais de banheiras, chuveiros, banheiros, lavatórios, lavadoras de roupas e lavanderias.

*“Por serem menos poluídas que as águas negras, esse tipo de efluente tem recebido uma importância maior no sentido de reciclagem ou reutilização. Elas geralmente são compostas de sabões, devido ao residual de produtos para limpeza e lavagem em geral, e apresentam maiores aplicações no Brasil e no mundo para fins não potáveis ( RAPOPORT, 2004) ”*

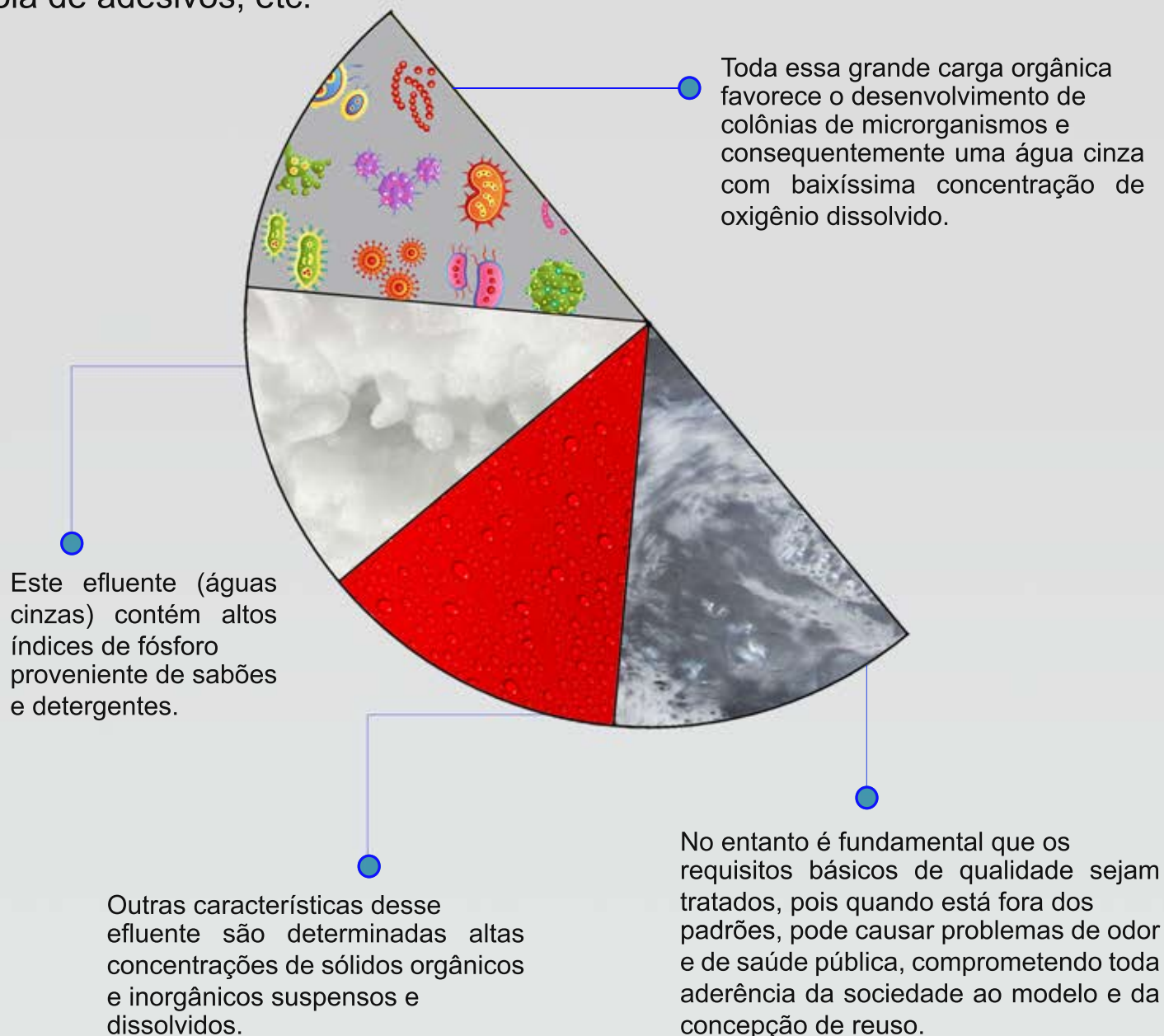


# Águas Cinzas dentro da lavanderia hospitalar

A lavanderia hospitalar pode ser definida como:

*É uma área destinada para o processamento de roupas, e que influencia diretamente na segurança e conforto do paciente, do trabalhador, bem como da qualidade de assistência à saúde. A eficiência do funcionamento deste setor contribui diretamente no controle de infecções hospitalares (ARSEGO et al., 2008; BUONO, 2018)*

As sujidades mais esperadas nas roupas hospitalares são traços de sangue, fezes, urina, secreções, medicamentos e outras provenientes do uso não correto em algumas atividades, como, por exemplo, graxa, polimento, cola de adesivos, etc.



# Lavanderia Hospitalar

## Área Suja

Coleta e transporte de roupa até a unidade de processamento



Recebimento, pesagem, separação e classificação da roupa suja



Processo de lavagem da roupa suja.

## Área Limpa

Centrifugação, secagem e calandragem



Separação, dobra, embalagem da roupa limpa



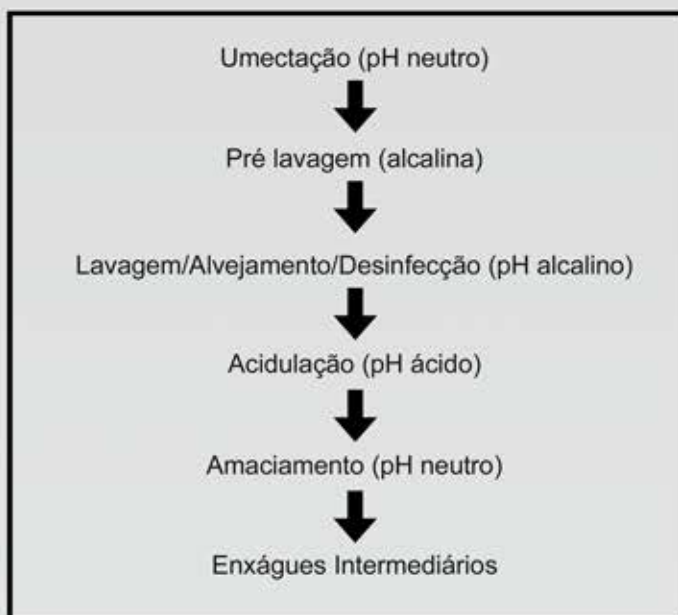
Armazenamento, transporte e distribuição da roupa limpa.

## PROCESSO DE LAVAGEM

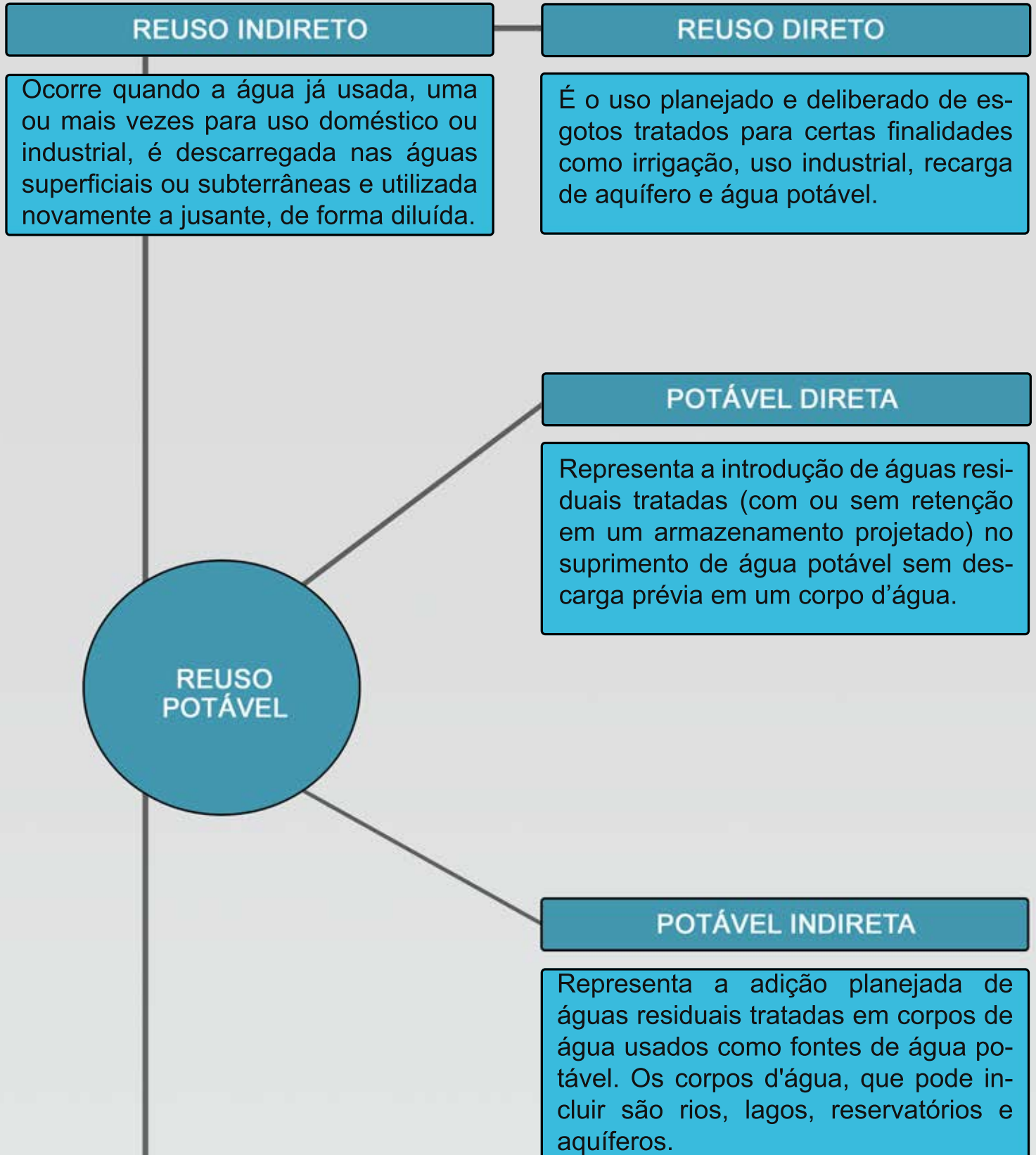
Um bom sistema de processamento opera com uma sequência de atividades ordenadas através de ação mecânica, temperatura, dosagem de produtos químicos e tempo de contato. Além de promover a remoção de sujidade, desinfeta as roupas, preservando as características do tecido e proporcionando um trabalho seguro, eficiente e econômico

## HIGIENE TÊXTIL

Na linha de produtos saneantes, as principais características dos produtos utilizados no processamento de roupas são:



# Reuso de Água



Fonte: WHO (1973)



## REUSO NÃO POTÁVEL

### PARA FINS DOMÉSTICOS

São considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias, reserva de incêndio, lavagem de automóveis e pisos.

### AQUICULTURA

Consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

### MANUTENÇÃO DE VAZÕES

Promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

## Reuso de Água

### PARA FINS AGRÍCOLAS

Esta modalidade de reuso tem como sub produto a recarga do lençol subterrâneo, porém o objetivo principal desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações.

### PARA FINS INDUSTRIAIS

Abrangem os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, limpeza etc. Pode-se considerar alguns usos comerciais tais como a lavagem de veículos.

### PARA FINS RECREACIONAIS

Classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques, gramados e para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc. Em áreas urbanas pode-se considerar ainda a irrigação de parques públicos, áreas ajardinadas, árvores e arbustos ao longo de rodovias, chafarizes e espelhos d'água.

### REUSO PARA RECARGA DE AQUÍFEROS

A recarga visa o aumento da disponibilidade e armazenamento de água bem como para controlar a salinização de aquíferos costeiros e para controlar a subsidência de solos. Pode-se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

Fonte: WHO (1973)



# Aspectos legais e normativos

Um dos principais marcos sobre a gestão das águas é reconhecendo-a como um bem de domínio público, como um recurso natural limitado dotado de valor econômico e gerido de forma descentralizada com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades na bacia hidrográfica.

Nesse processo de institucionalizar e regulamentar a utilização dos recursos hídricos, o principal objetivo é garantir uma relação harmônica entre a sociedade e a preservação ambiental, além de permitir um melhor equilíbrio entre os vários segmentos dos setores econômicos e a disponibilidade hídrica.

O ponto de partida são as ações por meios legais, como a Constituição de 1.988 que estabeleceu a dominialidade dos recursos hídricos. Neste sentido outra importante contribuição veio com a Lei nº 9.433/97 que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e estabeleceu os instrumentos de gerenciamento.

Em síntese, no Brasil ainda não há uma uniformização de parâmetros e padrões, proporcionando a qualidade físico-química e microbiológica das águas para a prática do reuso, porém esta estratégia de gestão está cada vez mais proeminente, particularmente em grandes cidades onde estão as principais iniciativas.

Destacam-se algumas ações relacionadas ao reuso de água não potável em dois estados que regulamentaram as atividades em seu território: o Estado de São Paulo por meio da Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014; Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01/2017 e o Estado do Ceará, através da Lei Estadual nº 16.033, de 20 de junho de 2016, que dispõe sobre a política de reuso de água não potável no Ceará; e a Resolução COEMA nº 2, de 2 de fevereiro de 2017.



# Aspectos legais e normativos

Resolução Conjunta  
SES/SMA/SSRH n°  
01/2017

Disciplina o reuso direto não potável de água para fins urbanos provenientes de estações de tratamento de esgoto sanitário.

## Aplicação

## Padrões de Qualidade

Uso com Restrição  
moderada

pH 6 a 9  
DBO 5,20  $\leq$  10 mg/L  
Turbidez  $\leq$  2 UNT  
Sólidos Suspensos Totais 1 mg/L  
Coliformes Termotolerantes Não detectável  
Ovos Helmintos  $<$  1 Ovo/L  
Cloro Residual Total (CRT)  $<$  1 mg/L  
Condutividade Elétrica  $<$  0,7  
RAS  $<$  3  
Sólidos Dissolvidos Totais  $<$  450 mg/L  
Cloreto  $<$  106 mg/L  
Boro  $<$  0,7 mg/L

Uso com restrição  
severa

pH 6 a 9  
DBO 5,20  $\leq$  30 mg/L  
Sólidos Suspensos Totais  $<$  30 mg/L  
Coliformes Termotolerantes  $<$  200 UFC/100 mL  
Ovos Helmintos 1 Ovo/L  
Cloro Residual Total (CRT)  $<$  1 mg/L  
Condutividade Elétrica  $<$  3,0  
RAS 3-9  
Sólidos Dissolvidos Totais  $<$  2.000 mg/L  
Cloreto  $<$  350 mg/L  
Boro  $<$  2,0 mg/L

# Aspectos legais e normativos

Resolução COEMA  
nº 2/2017

Define os parâmetros para utilização de efluentes nas modalidades pretendidas já definidas na Lei Estadual nº 16.033/2016, além de estabelecer diretrizes e critérios para a gestão das águas

## Aplicação

## Padrões de Qualidade

Reuso externo de efluentes sanitários para fins urbanos

pH entre 6,0 e 8,5  
Coliformes Termotolerantes até 5.000 UFC/100mL  
Ovos Helmintos até 1Ovo/L  
Condutividade Elétrica até 3000  $\mu$ S/cm

Reuso para fins de irrigação paisagística

Coliformes Termotolerantes até 1.000 UFC/100 mL

Para fins agrícolas e florestais

Culturas a serem consumidas cruas

pH entre 6,0 e 8,5  
Coliformes Termotolerantes Não Detectado – ND  
Ovos Helmintos Não Detectado – ND  
Condutividade Elétrica até 3000  $\mu$ S/cm

Para fins agrícolas e florestais

Demais culturas

pH entre 6,0 e 8,5  
Coliformes Termotolerantes até 1000 UFC/100 mL  
Ovos Helmintos até 1 Ovo/L  
Condutividade Elétrica até 3000  $\mu$ S/cm

# Aspectos legais e normativos

Resolução conjunta  
SVDS/SMS  
Nº 09/2014

Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reuso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos.

## Aplicação

## Padrões de Qualidade

### Padrões de classe A

DBO 5,20 5 mg/L  
Turbidez 1 UNT  
Sólidos Suspensos Totais 5 mg/L  
Coliformes Termotolerantes 100 UFC /100mL  
Ovos Helmintos <1 ovo/L  
Cloro Residual Total (CRT) Mínimo de 1,5 mg/L  
Sódio 200 mg/L

### Padrões de classe B

DBO 5,20 30 mg/L  
Turbidez 5 UNT  
Sólidos Suspensos Totais 30 mg/L  
Coliformes Termotolerantes 200 UFC/100 mL  
Giardia e Criptosporidium 0,05 cistos/L  
Ovos Helmintos <1 ovo/L  
Cloro Residual Total (CRT) Máximo de 3,0 mg/L  
Cloreto 250 mg/L  
Sódio 200 mg/L

# Proposta de reuso de água cinza para instituições hospitalares

A metodologia para a implementação de um sistema de reuso de água, está estruturada em três etapas, cujo detalhamento é considerado na melhor otimização desse recurso, dentro dos conceitos de viabilidade técnica e nas principais ações de um plano de gestão hídrico:

## Etapas

## Principais atividades

1

Avaliação Técnica Preliminar



- Levantamento de dados;
- Avaliação da demanda de água na instituição e dos volumes gerado na lavanderia;
- Definição de tipo de reuso e aplicação

2

Avaliação da oferta e espaço para reuso



- Identificação dos níveis de qualidade das águas cinza;
- Delimitação da área de reuso;
- Avaliação da oferta de água cinza.

3

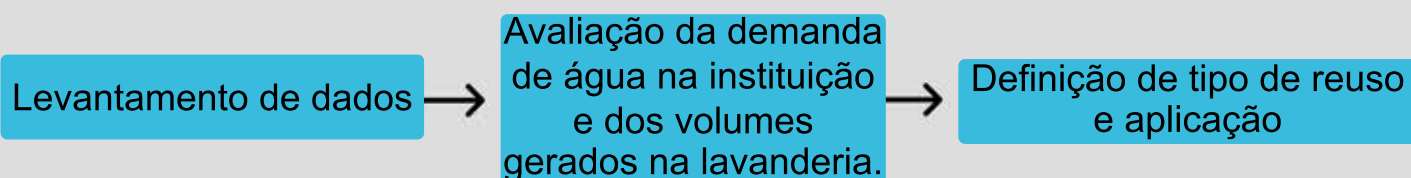
Avaliação do sistema de reuso infiltração no solo



- Especificações técnicas.

# Proposta de reuso de água cinza para instituições hospitalares

## DETALHAMENTO TÉCNICO ETAPA 1– AVALIAÇÃO TÉCNICA PRELIMINAR



### Levantamento de dados

- Conhecimento sobre a Rotina da lavanderia,
- Histórico do consumo de água,
- Especificação dos equipamentos/sistemas,
- Descrição de planos e programas futuros, referentes à expansão e reformas.

### Avaliação da demanda de água na lavanderia

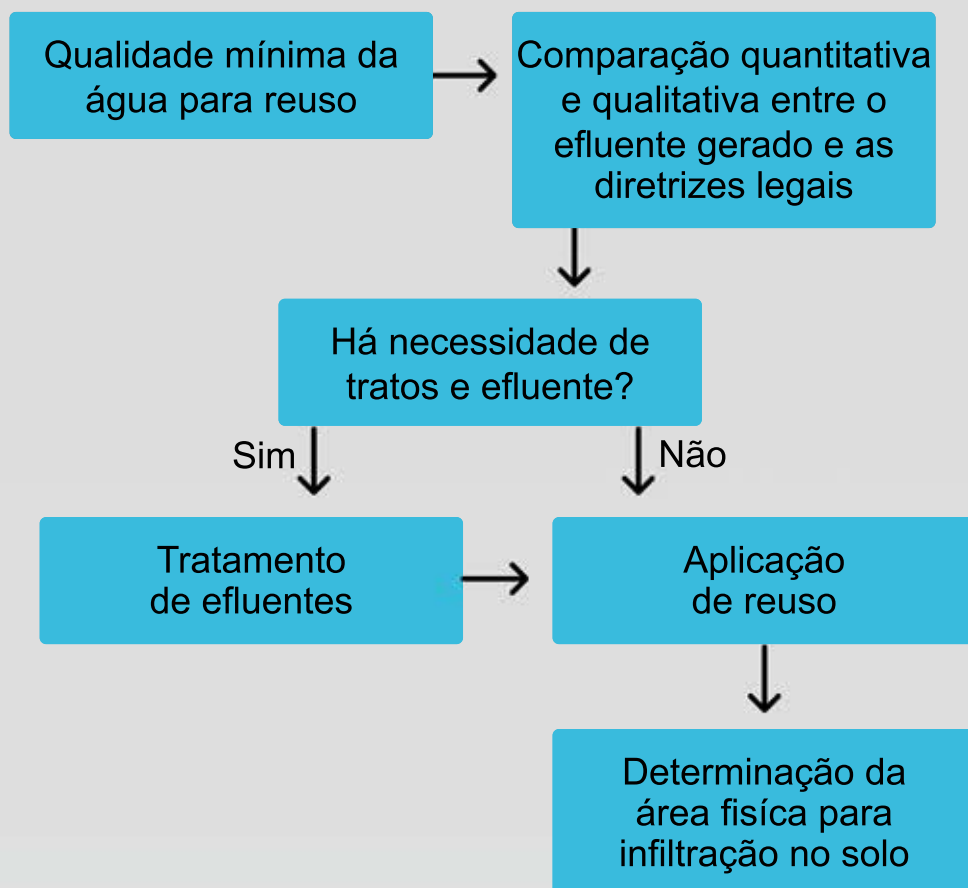
- Definir quais máquinas lavadoras serão monitorados para dimensionamento do consumo de água,
- Adequar os componentes e equipamentos hidráulicos para segregação das águas de reuso,

### Definição de tipo de reuso e aplicação

- Direcionar o reuso de água cinza para um sistema de infiltração e recarga de aquífero
- Definir metodologia de infiltração de águas cinzas tratadas.

# Proposta de reuso de água cinza para instituições hospitalares

## DETALHAMENTO TÉCNICO ETAPA 2 – AVALIAÇÃO DA OFERTA E ESPAÇO PARA REUSO



### Identificação dos níveis de qualidade das águas cinzas

- Caracterizar a qualidade da água por meio de amostragem e análises físico-químicas e microbiológicas,
- Definir a qualidade da água de acordo com a utilização prevista e os parâmetros para usos não potáveis. Vide Aspectos legais e normativos.

### Delimitação da área de reuso

- Determinar o volume de infiltração no terreno conforme NBR 7229/1993,
- Analisar a disponibilidade de área para construção do sistema de tratamento e a possibilidade de duplicação da rede hidráulica.

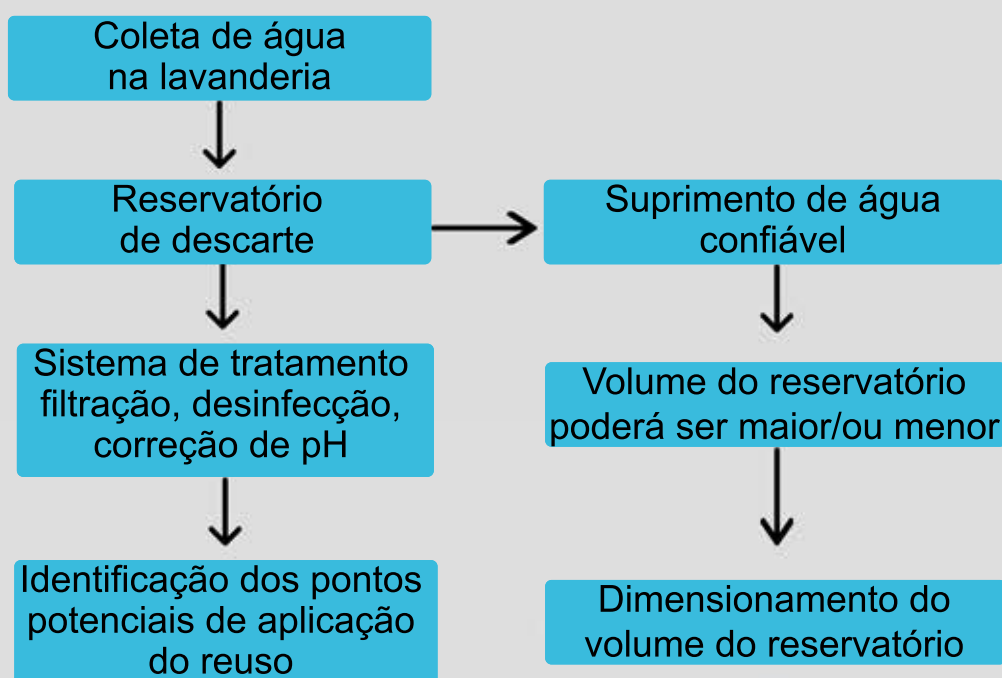
### Avaliação da oferta de água cinza

- Quantificação do volume de água cinza com potencial de reuso.

# Proposta de reuso de água cinza para instituições hospitalares

## DETALHAMENTO TÉCNICO

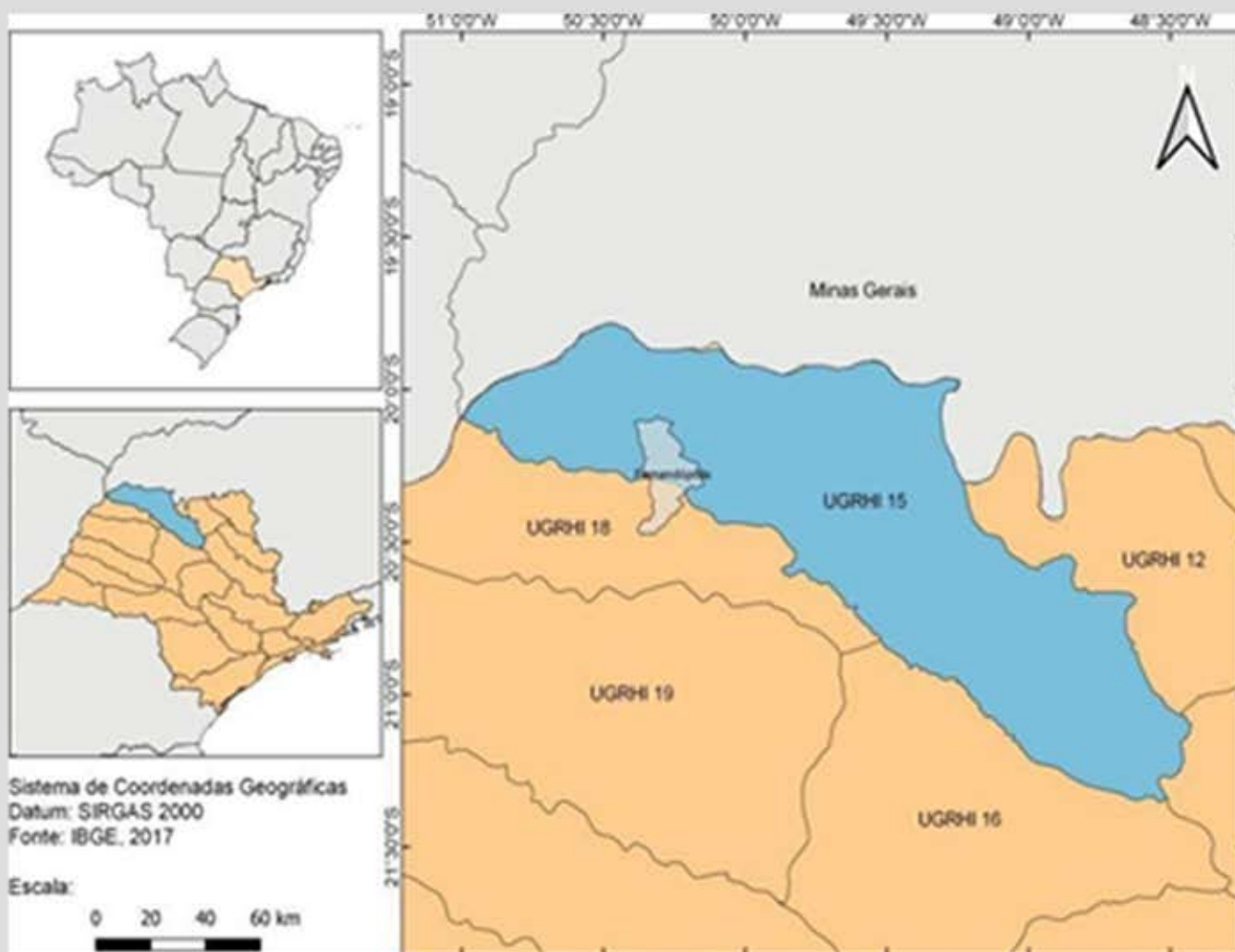
### ETAPA 3 – AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE REUSO E INFILTRAÇÃO NO SOLO



#### Especificações técnicas

- Dimensionar o reservatório para retenção temporária do descarte de água cinza coletada na lavanderia,
- Definir o sistema de tratamento com base na qualidade da água coletada e do seu destino. Considerando o uso para infiltração no solo podem ser empregadas unidades de filtração simples e desinfecção com cloro,
- Dimensionar as vias de infiltração de águas cinzas.

# ESTUDO DE CASO NA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE FERNANDÓPOLIS



Fonte: Adaptado de IBGE (2017)

O hospital está localizado no município de Fernandópolis no noroeste do estado de São Paulo, a 555 quilômetros da capital, a 80 quilômetros da divisa com Minas Gerais, e a 85 quilômetros da divisa com Mato Grosso do Sul. O município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 15 Turvo Grande) entre 3 sub-bacias: Ribeirão Santa Rita, Água Vermelha/Pádua Diniz e Ribeirão do Marinheiro.

Com relação aos recursos hídricos, na região noroeste do Estado de São Paulo, as diversas aglomerações na UGRHI 15 elevaram as concentrações de captações subterrâneas. Tal situação alcançou o montante de 18,78 m<sup>3</sup>/s de volume outorgado na Bacia do rio Turvo Grandes sendo 57,6% relativo a fontes superficiais e 42,4% subterrâneas.

Em 2017, houve aumento de 7,49% no volume total outorgado na bacia, originado pelo aumento de 14,5% no volume outorgado de água subterrânea, com aumento contínuo desde 2011. A vazão outorgada subterrânea em relação às reservas exploráveis em 2015 foi 46,7%, e em 2017 foi 61,3%, sendo considerada crítica pelos valores de referência.

Toda a água utilizada na Santa Casa provém de dois poços localizados próximos à lavanderia, sendo que cada um fornece uma vazão média 1.521,84 m<sup>3</sup> /mês (Poço 1) 1.116,00 m<sup>3</sup> /mês (Poço 2) e abastecem toda unidade.

# LAVANDERIA DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA FERNANDÓPOLIS

## Processos de lavagem

O funcionário encarregado pela lavagem dos tecidos realiza a segregação por sujeidade aparente, e classifica os processos de lavagens em:

**Processo de lavagem leve:** Com nenhuma sujeidade aparente no tecido.

**Processo de lavagem pesado:** É indicado para as roupas que possuem média sujeidade no tecido.

**Processo de lavagem super pesado:** Indicado para as roupas brancas, com grande quantidade de matéria orgânica residual em lençóis, compressas e uniformes.

## Consumo de água na lavanderia

O consumo de água na lavanderia ocorre em três níveis de volume:

- Nível Baixo com 200 Litros de água por enxágue;
- Nível Médio com 300 Litros de água por enxágue;
- Nível Alto com 400 Litros de água por enxágue.

	Lavagem Leve	Lavagem Pesada	Lavagem Super Pesada
Quantidade de Lavagens/mês	162	48	117
Volume de água gasto/mês	307.800 Litros	192.000 Litros	514.800 Litros
Total Geral 1.014.600 litros – 1.014,6 m <sup>3</sup> mês			



### Atenção:

Em casos que a roupa venha com muita sujeidade orgânica são realizados alguns enxágues manuais em nível alto antes de iniciar o processo. Desta forma, o volume de água pode sofrer alterações, dependendo do fluxo de atendimento hospitalar.

## Caracterização das águas cinzas geradas na lavanderia hospitalar

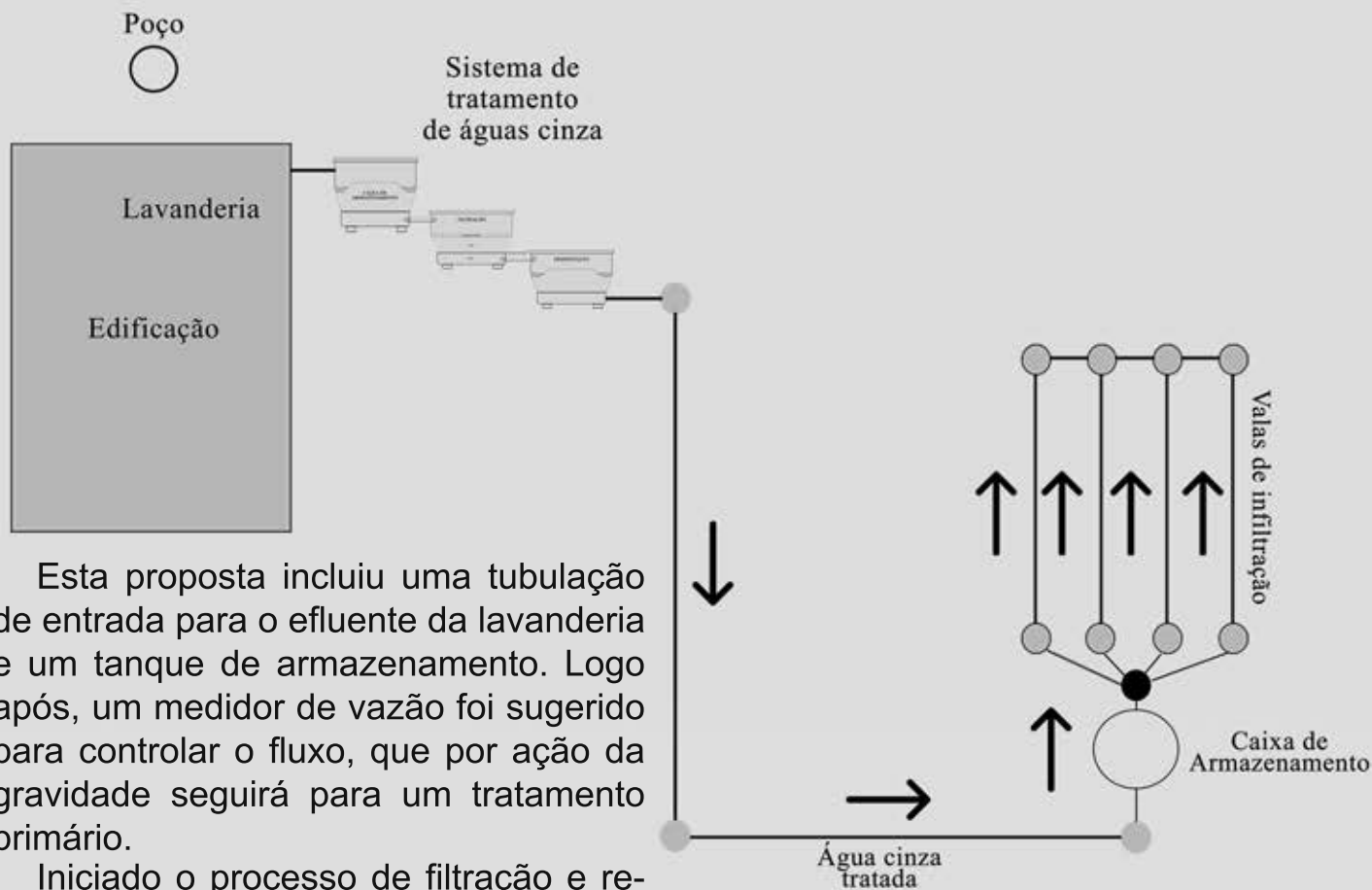


Fonte: Próprio autor.

Para a realização das análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas coletas em um único ponto na entrada da rede de esgoto. De cada processo de lavagem citado anteriormente, foram coletadas 3 amostras e nos níveis de água mais elevados, por considerar que este geraria um maior volume de efluente, e portanto, mais diluído.

As amostras foram refrigeradas, e levadas em recipientes devidamente apropriados para o laboratório acreditado ABNT NBR ISO/IEC 17025 e certificação NBR ISO 14001: 2015 e 45001: 2018.

## DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO



Esta proposta incluiu uma tubulação de entrada para o efluente da lavanderia e um tanque de armazenamento. Logo após, um medidor de vazão foi sugerido para controlar o fluxo, que por ação da gravidade seguirá para um tratamento primário.

Iniciado o processo de filtração e remoção da matéria orgânica, o fluxo do efluente será liberado para a desinfecção através da dosagem de hipoclorito de sódio. Esse método de desinfecção consiste em um sistema quantitativo, com uma bomba dosadora e um tanque de armazenamento. Partindo do efluente tratado, a água de reuso será enviada para as valas de infiltração no solo.

## ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

**Caixa de Armazenamento** : Considerando o volume diário de águas cinzas gerado, foi necessário um reservatório ligado por dutos comunicantes ao sistema de saída da lavanderia e a entrada da filtração.

**Sistema de Filtração**: Para o sistema, optou-se por um tratamento de água cinza retida no reservatório de acumulação, por meio de um sistema de filtração lenta e operado em modo de fluxo descendente (por ação da gravidade a água escoará pelo meio filtrante).

O meio filtrante consistirá em uma camada de brita ou seixos a depois a aplicação de uma tela de Bidim para não permitir que ocorra a mistura de um meio com o outro (brita/carvão). Posteriormente uma camada de areia e carvão ativado.

**Desinfecção:** Para realizar a desinfecção das águas cinzas, o sistema proposto foi automatizado com auxílio de uma bomba dosadora, que envia a dosagem de hipoclorito de sódio na quantidade necessária para a desinfecção, como já ocorre na instituição no tratamento de águas dos poços. O cloro residual permanecerá com uma concentração de pelo menos 0,5 mg/L conforme determina a ABNT NBR:13969, 1997.



## ROTINA DE MANUTENÇÃO

Recomenda-se um plano de manutenção, tanto preventiva quanto corretiva dos equipamentos com as intervenções necessárias para o reparo e a periodicidade segundo a norma 15527/2007.

Alguns cuidados especiais devem ser tomados nos sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais:

- A entrada de luz do sol no reservatório deve ser evitada para diminuir a proliferação de microorganismos;
- A tampa de inspeção deve estar sempre fechada;
- A saída do extravasor deve conter grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- O reservatório de águas pluviais deve possuir uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada do lodo;
- É aconselhável a adoção de cores diferenciadas para tubulações de águas pluviais a fim de evitar possível interconexão com o sistema de água potável;
- É aconselhável a utilização de placas sinalizadoras em todos os pontos de consumo (May, 2009)

## Monitoramento da qualidade da água

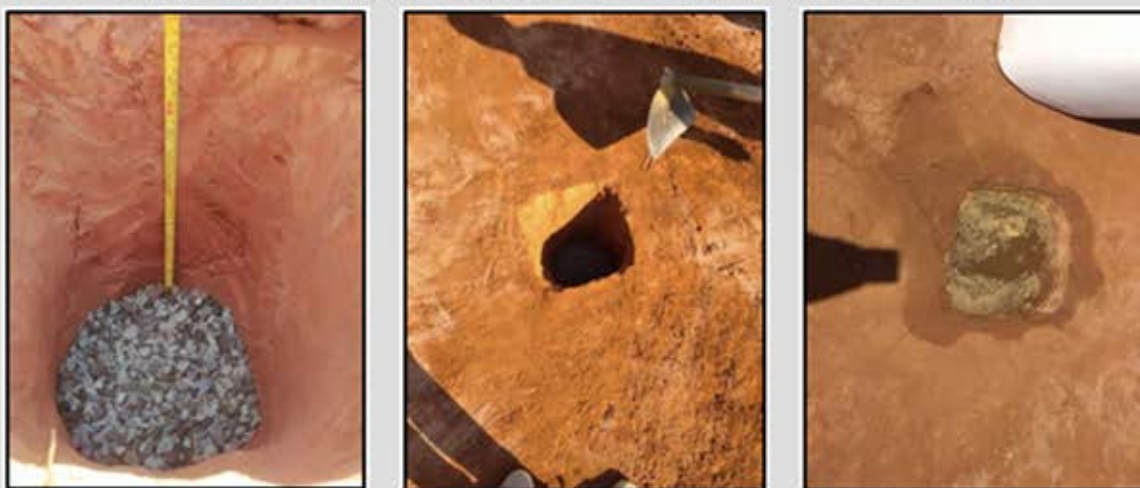
Frequência	Parâmetro
Diária	pH, Condutividade Elétrica, Turbidez e Cloro Residual Total
Semanal	DBO 5.20, Coliformes Termotolerantes ou <i>E. coli</i> , Sólidos Dissolvidos Totais e Sólidos Suspensos Totais
Quinzenal	Ovos de Helmintos
Mensal	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i> , Boro, RAS e Cloreto
Anual	Os demais parâmetros não relacionados anteriormente, constantes no Artigo 21 da Resolução CONAMA nº430/2011 e no artigo 18 do Regulamento da Lei Estadual nº997/1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº8.468/76.

## DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE INFILTRAÇÃO

As valas de infiltração são sistemas alternativos quando não existe disponibilidade de terreno suficiente para a construção de bacias de infiltração. Uma vala pode ser descrita como uma trincheira longa e estreita, sendo a sua largura inferior a sua profundidade. As valas de infiltração também podem ser construídas em áreas urbanas, sob calçadas, avenidas ou estacionamentos.

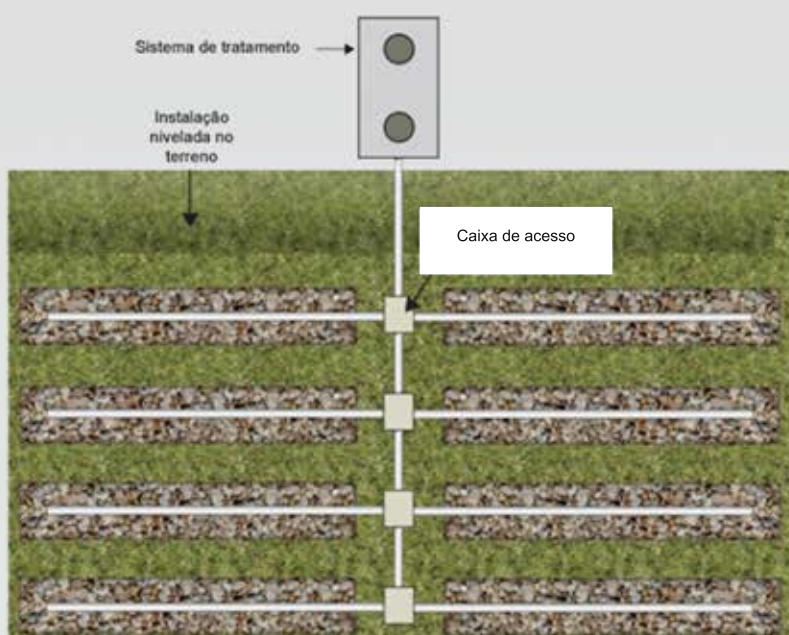
A Resolução CONAMA 153 de 2013 estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território brasileiro. Este processo de recarga artificial de água, através das valas de infiltração, é construído de acordo com a definição da norma brasileira NBR 7229/1993 que trata do projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

### Teste de infiltração na Santa Casa de Fernandópolis



Fonte: Próprio autor.

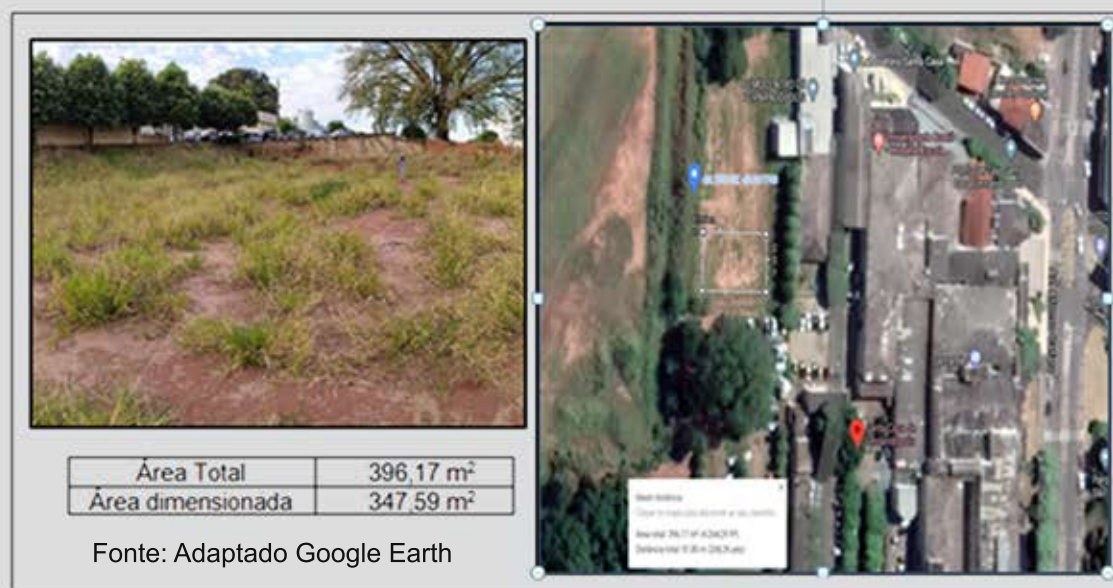
### Modelo da proposta das valas de infiltração



!!! Essa alternativa envolve o uso de uma caixa de distribuição a jusante das valas de infiltração, que servirá tanto para facilitar as inspeções, bem como o reparo da instalação, quando necessário.

Fonte: Adaptado de Technical Guidance Manual

## DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE IMPLEMENTAÇÃO



- Proximidade com a área da lavanderia;
- Espaço satisfatório para construção de uma área para proteção da ETE;
- Localização em ponto estratégico que permite o envio dos efluentes tratados por ação da gravidade até as valas de infiltração;
- Facilidade de acesso ao local da ETE para manutenção e manuseio dos equipamentos.

## RECARGA DE AQUÍFERO RESOLUÇÃO CNRH Nº 153/2013

Do ponto de vista legal do Brasil, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), incumbiu às entidades do SINGREH o papel de orientar os municípios na adoção de práticas de reúso e de recarga artificial.

Por meio desta resolução o art.º2 define a prática como “*Introdução não natural de água em um aquífero por intervenção antrópica planejada, por meio da construção de estruturas projetadas para este fim*”.

No artigo 4º, esse procedimento é indicado com a finalidade de:

- a) armazenar água para garantia da segurança hídrica;
- b) estabilizar ou elevar os níveis de água em aquíferos regularizando variações sazonais;
- c) compensar efeitos de superexploração de aquíferos;
- d) controlar a intrusão salina;
- e) controlar a subsidência do solo.

**!!!** É necessário que haja uma autorização da entidade ou órgão gestor estadual de recursos hídricos, bem como a realização de estudos que atestem sua viabilidade técnica, econômica, sanitária e ambiental.

Importante que, ao propor um sistema de reutilização de águas residuárias, a qualidade da água seja adequada aos usos pretendidos e a recarga não comprometa a qualidade das águas do aquífero.

## RESULTADOS

2.637,84 m<sup>3</sup>

Consumo de água na  
instituição / mês

1.014 m<sup>3</sup>

Consumo de  
água na  
lavanderia / mês

392,4 m<sup>3</sup>

Águas cinzas  
com potencial  
de reuso / mês

37,40 L/m<sup>2</sup>  
a  
118,7 L/m<sup>2</sup>

Capacidade de  
volume  
infiltrado no  
solo / dia

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No caso da Santa Casa de Fernandópolis, o armazenamento das águas cinzas para tratamento é tecnicamente possível. Porém, deve ser considerado o volume gerado por dia e o monitoramento por meio de análises periódicas das características do efluente, além de poços de monitoramento próximos aos locais de infiltração da água cinza.

É de suma importância que ao se implantar um sistema de reúso não potável na unidade, deve-se esclarecer para todos os usuários a importância da iniciativa para o ambiente, a economia gerada, os riscos e os cuidados a serem tomados, visando conscientizar e educar os colaboradores.

Neste sentido, o presente manual propôs-se a focar nas perspectivas de reúso de água como instrumento de gestão integrada aos recursos hídricos, produzindo dados com base na legislação para que sejam divulgados, ampliados e refinados, e que favoreçam o desenvolvimento de ações operacionais (in loco) contribuindo para o detalhamento e desenvolvimento da gestão, uso racional e reúso da água em nosso país.

## REFERÊNCIAS

ARSEGO, J.; POLETTO, R. A.; MEDEIROS, E.; GONTIJO, A. L. Riscos ocupacionais na área contaminada de uma lavanderia hospitalar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais [...] Rio de Janeiro: [s. n.], 2008. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7229: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997

BUONO, L. N. Diagnóstico de uso de água no hospital universitário de Londrina: estudo de caso. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

CAMPINAS. Resolução nº09, de setembro de 2014. Resolução conjunta SVD-S/SMS nº 09/2014. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETES) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de Campinas. Campinas, 4 ago. 2014

CEARÁ. Lei nº 16.033 - 20 de jun. 2016. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, 20 jun. 2016.

MAY, S. Estudo do aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em edificações. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RAPOPORT, B. Águas Cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública, 2004. Disponível em: <http://teses.icict.fiocruz.br/pdf/rapoportbm.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SÃO PAULO. Resolução nº 01, de 28 de junho de 2017. Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de Junho de 2017. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. São Paulo, 29 jun. 2017. p. 41-42.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ - SEMACE. Resolução COEMA 02/2017, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, 2017.

WHO WORLD HEALTH ORGANIZATION. Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva: WHO, 1973. (Technical Report Series, 517).

