



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**

**SILVIO LUIZ DE SOUSA ROLLEMBERG**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DOS EFLUENTES GERADOS NAS  
ETES OPERADAS PELA CAGECE EM FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA**

**2017**

SILVIO LUIZ DE SOUSA ROLLEMBERG

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DOS EFLUENTES GERADOS NAS ETES  
OPERADAS PELA CAGECE EM FORTALEZA-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Fabio Maia Sobral  
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Vieira Paiva

FORTALEZA  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R1a Rollemberg, Silvio Luiz de Sousa.  
Avaliação do potencial de reúso dos efluentes gerados nas ETES operadas pela Cagece em Fortaleza-CE / Silvio Luiz de Sousa Rollemberg. – 2017.  
95 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Fabio Maia Sobral.  
Coorientação: Prof. Dr. Francisco Vieira Paiva.
1. Reúso Urbano. 2. Gestão de Recursos Hídricos. 3. Tratamento de Esgoto. 4. Águas Residuárias. 5. Aproveitamento de Esgotos. I. Título.

CDD 333.7

---

SILVIO LUIZ DE SOUSA ROLLEMBERG

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DOS EFLUENTES GERADOS NAS ETES  
OPERADAS PELA CAGECE EM FORTALEZA-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Fabio Maia Sobral  
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Vieira Paiva

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fabio Maia Sobral (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Vieira Paiva (Coorientador)  
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

---

Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco José Freire de Araújo  
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Toda honra, toda glória e todos os elogios sejam dadas a Jesus Cristo.  
Eu não consigo entender a tua bondade na minha vida,  
eu apenas aceito todas as tuas bênçãos.  
A tua graça me basta.

Aos meus pais, Silvio Alves e Maria da Conceição, você são  
a prova da graça de Deus na minha vida.  
Não há como mensurar o amor, a admiração  
e a gratidão que sinto por vocês.

Aos meus irmãos, Samuel e Sheila, e a toda  
minha família, pelo apoio que você me deram ao longo da pesquisa.

A você Lorayne, namorada, amiga e companheira.  
Desde o início desse trabalho você esteve ao meu lado.

A todos os santos que em oração me apoiaram.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde, por todas as bênçãos que me concedeu, pela oportunidade de conhecer e aceitar a mensagem da hora, a revelação de Jesus Cristo.

Ao meu orientador, Prof<sup>o</sup> Fábio Sobral pelo seu acompanhamento na pesquisa, pelos ensinamentos, pela amizade e por tanto ter me ajudado.

Ao meu coorientador e amigo, Prof<sup>o</sup> Francisco Paiva, pelos ensinamentos, orientações e pela amizade que existe desde a minha graduação.

A Prof<sup>a</sup> Marisete pelo apoio, dedicação e seu jeito único de nos fazer correr atrás dos nossos objetivos.

Ao Prof<sup>o</sup> Francisco José Freire pela ajuda e disponibilidade em participar da banca.

Ao meu amigo Chiquinho pela ajuda nesse trabalho, pelos conselhos, ensinamentos e pela inspiração.

A minha avó, Maria Eridan, aos meus sobrinhos, Silvio e João Luis, aos meus primos, sarinha, samuel e daniel filho, as minhas tias, Liduina e Luiza, aos meus tios Daniel e Luiz e ao meu cunhado João Batista que muito me ajudou nessa pesquisa.

A todos os meus amigos que sempre estiveram presente na minha vida, me apoiando e dando força para prosseguir.

A todos os irmãos da fé pelas orações e pelo apoio.

A CAGECE e EMLURB pelos dados cedidos e aos meus amigos Antônio Natanael e Paulo Alves, pela ajuda na aquisição dos dados

“ Se não puder voar, corra.

Se não puder correr, ande.

Se não puder andar, rasteje.

Mas enquanto houver vida,

prossiga!”

Adaptado de Martin Luther King

## RESUMO

Diante das frequentes crises hídricas ocorridas em Fortaleza-CE, observa-se a necessidade de alternativas para o complemento do abastecimento de água, promovendo um alívio na captação de água dos corpos hídricos. Essa pesquisa teve como finalidade a avaliação do potencial de reúso dos efluentes gerados nas ETES de Fortaleza operadas pela CAGECE. Para a realização da pesquisa, foram seguidas as etapas: (a) Levantamento de dados das ETES; (b) Análise das modalidades de Reúso; (c) Estimativa das vazões das ETES; (d) Seleção das ETES e dos Padrões de Reúso Urbano; (e) Potencial de Reúso (f) Levantamento de possíveis consumidores. Tendo em vista os critérios adotados nessa pesquisa, foi escolhido a modalidade do Reúso Urbano como forma de uso dos efluentes. Observou-se que cerca de 40% das ETES estudadas utilizam a tecnologia Decanto-Digestor, mesmo esta sendo inapropriada para tratamento de esgoto coletivo, ressaltando que a mesma não atende nem mesmo os padrões de lançamentos de efluentes, tampouco estão aptas a serem utilizadas para tratamento com finalidade de reúso. Verificou-se que o potencial em termos de vazões das ETES estudadas resulta em aproximadamente 3.039,95 L/s ou 262.651,7 m<sup>3</sup>/dia de efluente, destaca-se que todo esse volume é lançado em corpos hídricos, sem a utilização de nenhuma parcela para reúso. Para análise e classificação dos efluentes das ETES, foram adotados os parâmetros propostos pela USEPA (2004) para uso da água em irrigação urbana restrita, pois, embora já exista uma legislação sobre reúso no Ceará, Lei 16.033/2016, ainda não foram divulgados os parâmetros de reúso. Analisando o efluente das ETES, observou-se que 3 (três) estações foram agrupadas na Classe A, ou seja, atendem, atualmente, a todos os parâmetros tomados como referência. O volume diário produzidos nas ETES Classe A foi de 1.207 m<sup>3</sup>/dia, todo esse volume já poderia ser utilizado em irrigação urbana restrita, por exemplo: Irrigação de parques, canteiro de rodovias e etc. Com relação aos possíveis consumidores, observou-se que os efluentes poderiam ser utilizados pela EMLURB para irrigação de áreas verdes e limpeza de logradouros públicos de Fortaleza. Com relação à legislação sobre reúso, observa-se que a implantação da Lei 16.033/2016 estabelece um novo cenário no Ceará sobre reúso, criando aparato legislativo para as práticas de reúso não potável. Por fim, ressalta-se a importância da continuidade de estudos sobre a avaliação, implantação e operação do reúso como forma de complemento do abastecimento de água.

**Palavras-chave:** Reúso Urbano. Gestão dos Recursos Hídricos. Tratamento de Esgoto. Águas Residuárias. Aproveitamento de Esgotos.



## ABSTRACT

Before hydric crises occurred in Fortaleza-CE, it is observed necessity of alternatives to complement of water supply, providing such a relief in the water captation of hydric bodies. This search had as goal the potential evaluation of reuse of the effluents generated in the ETES of Fortaleza operated by Cagece. To realization, were followed the steps: (a) Data survey of the ETES; (b) Analysis of reuse modalities; (c) Flow estimates of the ETES; (d) Selection of the ETES and urban reuse standards; (e) Reuse Potential; (f) Survey of Potential consumers. In view of criteria adopted in this search, it was chosen urban reuse like way of reuse of the effluents. It was watched that about 40% of the ETES studied use Decant Degester technology, even if this is not suitable to collective sewage treatment, highlighting that the same does not answer not even the standards of releasing of effluents, neither they are suitable to be used to treatment with goal reuse. It was verified that potential of flow of the ETES studied results about 3.039,95 L/s or 262.651,7 m<sup>3</sup>/day of effluent, highlighting that all effluent is released in hydric bodies, without using of no portion of this volume to reuse. To analysis and selection of the ETES, were adopted the parameters proposed by USEPA (2004) to use of water in restrict urban irrigation, even there is a legislation about reuse of water in Ceará, 16.033/2016 law, but weren't published parameters reuse. Analyzing effluent of the ETES, it was observed that 3 (three) stations are in the A Class, that is they answer, currently, all parameters taken like reference. The volume produced in the ETES A Class was 1.207 m<sup>3</sup>/day, all this volume already could be used in restrict urban irrigation, for example: irrigation of parks, highways and etc. In relation to possible consumers, it was observed that effluents could used by EMLURB to green areas irrigation and cleaning public places of Fortaleza put a new scenario in the Ceará about reuse, observed that creation 16.033/2016 apparatus to non-potable practices of reuse. We can to highlight that and reuse operation like studying about avaluation, implementation way water supply complement.

**Key-words:** Water reuse. Management of water Resources. Wastewater Treatment. Wastewater. Sewer use.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Partes integrantes de um sistema de lodos ativados.....	28
Figura 2	– Unidades do sistema de lodos ativados convencional (fluxo contínuo).....	29
Figura 3	– Unidades do sistema de lodos ativados aeração prolongada.....	29
Figura 4	– Unidades do sistema de lodos ativados com fluxo intermitente (batelada).....	30
Figura 5	– Unidades do sistema de reator anaeróbio de manta de lodo.....	31
Figura 6	– Lavagem de ruas e logradouros com água de reúso em São Paulo.....	40
Figura 7	– Sistema de reúso urbano da SABESP.....	40
Figura 8	– Sistema de tratamento da ETE Guadalajara - filtros de carvão ativado.....	42
Figura 9	– Tanques de Piscicultura abastecidos com água de reúso no Centro de Pesquisa sobre tratamento de esgotos e reúso de água em Aquiraz-CE.....	43
Figura 10	– ETE com reúso do Complexo Beach Park.....	44
Figura 11	– Estação de pré-condicionamento de esgoto de Fortaleza.....	49
Figura 12	– Divisão das ETES por tecnologia de tratamento.....	60
Figura 13	– Porcentagem de ETES que atenderam aos parâmetros dos diferentes tipos de usos urbanos entre os meses de Janeiro à Abril de 2016.....	69
Figura 14	– Porcentagem das ETES divididas em classes.....	73
Figura 15	– Curva do potencial de reúso de Fortaleza.....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Descrição dos principais parâmetros físicos dos esgotos domésticos.....	23
Tabela 2	– Concentrações médias dos efluentes dos sistemas de tratamentos de esgoto.....	33
Tabela 3	– Eficiências médias de remoção dos principais sistemas de tratamentos de esgoto.....	34
Tabela 4	– Análise das formas de reúso não potável descritas na Lei 16.033/2016.....	47
Tabela 5	– Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto.....	51
Tabela 6	– Requisitos de qualidade para água de reúso urbano de acordo com os padrões propostos pelo PROSAB.....	56
Tabela 7	– Diretrizes da USEPA para usos urbanos de esgotos sanitários.....	56
Tabela 8	– Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto que atenderam aos padrões de lançamento da portaria 154/2002 da SEMACE nos meses de janeiro à abril de 2016.....	61
Tabela 9	– Vazão das ETES doméstico de Fortaleza-CE.....	63
Tabela 10	– Análise da quantidade de parâmetros atendidos pelas ETES diante dos diferentes padrões dos usos urbanos.....	67
Tabela 11	– Seleção das ETES em Classes.....	72
Tabela 12	– Potencial de Reúso das ETES.....	75
Tabela 13	– Rotas e volumes de água utilizados para irrigação em Fortaleza-CE.....	78

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO <sub>F</sub>	Demanda Bioquímica de Oxigênio Filtrada
DD	Decanto Digestor
DEHA	Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DQO <sub>F</sub>	Demanda Química de Oxigênio Filtrada
E. COLI	Escherichia Coli
EMPRABA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMLURB	Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização
EPA	Environmental Protection Agency
EPC	Estação de Pré-Condicionamento
ETES	Estação de Tratamento de Esgotos Sanitário
ETO	Estação de Tratamento de Odores
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FA	Filtro Anaeróbio
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IPECE	Instituto de Pesquisa do Estado do Ceará
IPLANCE	Instituto de Pesquisa e Informação do Estado do Ceará

LA	Lodos Ativados
LF	Lagoa Facultativa
LM	Lagoa de Maturação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PRODEMA	Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RPD	Reúso Potável Direto
RPINP	Reúso Potável Indireto não Planjeado
RPIP	Reúso Potável Indireto Planejado
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SDA	Secretária de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiental do Estado do Ceará
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRH	Secretária de Recursos Hídricos
SST	Sólidos em Suspensão Totais
RA	Reator Aerado
RAS	Razão de Adsorção de Sódio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Específico.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Reúso de água.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Reúso potável.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Reúso não potável.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Tratamentos de esgotos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>Aspectos legais sobre reúso de água.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Experiências com reúso de água.....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1</b>	<b>Etapas da pesquisa.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise das modalidades de reúso.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3</b>	<b>Levantamento de dados.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4</b>	<b>Estimativa das vazões das ETES.....</b>	<b>54</b>
<b>4.5</b>	<b>Seleção das ETES e dos padrões de reúso urbano.....</b>	<b>55</b>
<b>4.6</b>	<b>Potencial de reúso urbano dos efluentes gerados.....</b>	<b>58</b>
<b>4.7</b>	<b>Levantamento de Possíveis Consumidores da água de reúso.....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Panorama do sistema de tratamento de esgoto doméstico de Fortaleza.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2</b>	<b>Vazão de efluente gerado nas ETES.....</b>	<b>62</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise dos usos dos efluentes tratados.....</b>	<b>65</b>
<b>5.4</b>	<b>Classificação das ETES.....</b>	<b>70</b>
<b>5.5</b>	<b>Potencial de reúso urbano.....</b>	<b>74</b>
<b>5.6</b>	<b>Utilização da água de reúso em Fortaleza.....</b>	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para o desenvolvimento e a manutenção da vida, mas somente 3% das reservas existentes em nosso planeta são constituídas de água doce. Desse total, apenas 0,3% pode ser aproveitado para consumo humano, sendo 0,01% de origem superficial (rios e lagos) e 0,29% subterrâneas. Os mananciais restantes são constituídos por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades, o que torna inviável economicamente seu aproveitamento para o consumo das populações (BRASIL, 2007).

No Brasil estão 14% das águas doces do planeta e 53% do continente sul-americano, sendo, portanto, um dos países mais ricos em água doce do planeta. A Região Norte concentra 68,5% da disponibilidade dos recursos hídricos brasileiros. Na Região Sudeste encontra-se 6% desses recursos. Já a Região Nordeste possui um pouco mais de 3% da reserva hídrica do país. Enquanto a Região Amazônica apresenta disponibilidade hídrica elevada, alcançando vazões de 74 mil m<sup>3</sup>/s, a Região semiárida Nordestina apresenta valores inferiores a 100 m<sup>3</sup>/s. Um dos fatores que compromete o abastecimento de água é justamente o fato de existir altas concentrações populacionais onde a oferta de água é desfavorável. Projeções para 2025 mostram um acréscimo em torno de 28% para o abastecimento da população urbana brasileira com valores médios entre 630 m<sup>3</sup>/s e 695 m<sup>3</sup>/s (ATLAS, 2010, p.24).

A problemática da falta de água não atinge apenas o Brasil, mas vários outros países. Os estudos mostram que a população está crescendo mais rapidamente nas regiões onde a falta d'água é ainda mais acentuada. No cenário mundial, os números com relação à utilização da água são preocupantes e a previsão para o futuro é que potências mundiais não mais disputarão pela hegemonia nuclear e petrolífera, e sim pela detenção de reservas hídricas que atendam a demanda de consumo de seus países (GOMES, 2011).

A escassez da água é historicamente um dos problemas de maior relevância na região Nordeste, no ano de 2015 houve um aumento considerável das áreas de abrangência da seca, e, além da região Nordeste, outras regiões do Brasil também tiveram crises hídricas e sérios problemas de abastecimento de água, havendo inclusive a necessidade de utilização dos chamados “volumes mortos” dos açudes, implantação de racionamento de água e em alguns casos, a interrupção do abastecimento.

Além de impactar no abastecimento público, a falta da água também impacta os demais setores da sociedade, pois os recursos hídricos são considerados atualmente um fator limitante para o desenvolvimento agrícola e industrial. Esse fato foi observado no ano de

2015, em várias regiões do Brasil, especialmente na Região Nordeste onde muitas indústrias e comércios tiveram suas atividades comprometidas pela falta de água.

Diante desse contexto, é necessário que haja soluções para o complemento do abastecimento de água de Fortaleza de forma a minimizar a crise de água que se agrava cada vez mais.

A reutilização de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância (MANCUSO, 2002).

Segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o reúso de água constitui-se em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21. Tal prática reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade. Reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Segundo HESPANHOL (1999), o planejamento, a implantação e a operação de um sistema de reúso de água trazem uma série de melhorias como: Minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos; Preservação dos recursos subterrâneos; Preservação do solo, com acúmulo de húmus e aumento da resistência à erosão; Aumento da produção de alimentos (irrigação agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais; Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos; Estimula o uso racional de águas de boa qualidade; Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica; Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

Na realização dessa pesquisa, estudou-se a alternativa de reúso urbano de água a partir dos efluentes gerados nas ETES operadas pela CAGECE como forma de complemento do abastecimento de água de Fortaleza-CE.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o potencial de reúso urbano através dos efluentes gerados nas ETES de Fortaleza-CE operadas pela CAGECE.

### **2.2 Específico**

1. Obter Informações sobre as ETES em Fortaleza-CE operadas pela CAGECE;
2. Avaliar os parâmetros indicados na literatura para os diferentes usos dos efluentes na modalidade do reúso urbano;
3. Agrupar as ETES em classes de acordo com a qualidade dos seus efluentes;
4. Avaliar o potencial de reúso das ETES;
5. Realizar levantamento de possíveis consumidores do efluente tratado.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento do consumo de água em todo o Planeta aliado às crises hídricas cada vez mais rígidas e frequentes, são fatos incontestáveis na atualidade.

Diante da situação presente, deve-se pensar em como enfrentar a relação demanda/oferta da água. Uma das alternativas que tem se destacado no enfrentamento desse problema é o Reúso de Água, atuando como um instrumento de gestão de recursos hídricos. Dessa forma, o reúso de água que anteriormente era visto como algo do futuro, hoje é visto como uma necessidade para a continuidade do abastecimento de água.

#### 3.1 Reúso de Água

Para Dantas e Sales (2009), reúso da água seria o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir as necessidades de outros usos, incluindo o original.

De maneira simplificada, o reúso de água trata-se da aplicação de uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, para tratamento de esgoto, aliado a um sistema de gestão que defina os padrões e procedimentos para o reúso.

Segundo Mancuso (2002), o que dificulta a conceituação precisa da expressão "reúso de água" é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reúso está sendo feito. Por exemplo, entre uma comunidade que capta água de um rio contendo esgotos de uma grande metrópole e uma outra cidade às margens de outro grande rio onde apenas algumas pessoas despejam esgotos, existem diferenças em termos de diluição, distância percorridas pelos efluentes e fatores naturais referentes à recuperação da qualidade desses rios. Sendo assim, é impossível determinar o preciso instante em que foi iniciado o reúso da água.

A prática de descarregar os esgotos, com ou sem tratamento, em corpos de água superficiais é a solução normalmente adotadas pelas comunidades no mundo inteiro, para afastamento de resíduos líquidos. Geralmente, esses corpos hídricos servem como fonte de abastecimento a mais de uma comunidade, havendo casos em qual a mesma cidade lança seus esgotos e faz uso do mesmo corpo hídrico como manancial para abastecimento local, reutilizando a água várias vezes (MANCUSO, 2002).

O reúso de água traz diversos benefícios para a sociedade, além de propiciar água em quantidade e qualidade para o complemento do abastecimento, também proporciona a

implantação de sistemas que tratam volumes de esgotos que anteriormente seriam lançados, na sua maior parte, em corpos hídricos, sem o tratamento adequado.

### **3.2 Reúso Potável**

Segundo Hespanhol (2015), o Reúso Potável Direto consiste no tratamento avançado de efluentes domésticos e sua introdução no sistema público de distribuição de água. O esgoto, após tratamento avançado, poderá ser introduzido diretamente em uma ETA ou em um reservatório de mistura a montante dela, quando vazões complementares, tanto de origem superficial quanto subterrânea, compõem a vazão total a ser tratada no sistema de reúso.

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes, disponíveis para reúso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes cidades com pólos industriais expressivos, classifica o reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados levariam à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, não havendo, ainda, garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores (MANCUSO, 2002).

Segundo Hespanhol (2000), caso seja imprescindível implementar o reúso urbano para fins potáveis, recomenda-se que seja obedecidos os seguintes critérios: Utilizar apenas Reúso Indireto, Utilizar Exclusivamente Esgotos Domésticos, Realizar planejamento e ações de educação ambiental para que haja aceitação Pública e definição de Responsabilidades.

### **3.3 Reúso Não Potável**

Segundo Mancuso (2002), os principais usos da água de reúso não potável são:

- Reúso para Fins Agrícolas;
- Reúso para Fins Urbanos;
- Reúso para Fins Industriais;
- Reúso para Fins Domésticos;
- Reúso para Manutenção de Vazões de Cursos D'água;
- Reúso para recarga de Aquíferos Subterrâneos;
- Reúso na Aquicultura.

#### a. Reúso na Agricultura

A maioria dos autores classifica o reúso não potável agrícola de acordo com o tipo de cultura que o utiliza. Mancuso (2002) apresentam os dois tipos de grupos:

- Primeiro Grupo: Plantas não comestíveis: silvicultura, pastagens, fibras e sementes;
- Segundo Grupo: Plantas consumidas cozidas e as plantas consumidas cruas.

O efluente considerado mais adequado para a aplicação na agricultura é o esgoto doméstico, principalmente os esgotos tratados, devido à sua composição e valores nutricionais. Devido à sua composição química, efluentes industriais geralmente são incompatíveis para o reúso agrícola, porque podem apresentar substâncias tóxicas para o homem e animais (OLIVEIRA, 2012).

#### b. Reúso para Fins Urbanos

Segundo a Resolução N° 54/2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o reúso para fins urbanos abrange as seguintes modalidades: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndios, dentro da área urbana.

O tipo de processos de tratamento a que o esgoto será submetido, para se praticar este tipo de reúso, vai depender do padrão de qualidade do efluente bruto e das aplicações da água de reúso. Contudo, é preciso que os padrões de qualidade sanitária das águas residuárias, destinadas ao reúso para fins urbanos, sejam atendidos, a fim de se evitar possíveis problemas ambientais e de risco para a saúde da população. (CAIXETA, 2010, p.30)

Segundo Mancuso (2002), os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reúso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. Os maiores potenciais de reúso urbano são: Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias; Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; Reserva de proteção contra incêndios; Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água; Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais; Lavagem de trem e ônibus; Controle de poeira em obras de execução de aterros e terraplenagem; Construção

civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos.

Na prática do reúso urbano em edificações o ideal é que fossem implantadas redes duplas de distribuição de água, todavia essa alternativa necessita de estudos prévios de viabilidade econômica. Outra alternativa que apresenta vantagens, tanto do ponto de vista ambiental, quanto econômico é a separação das águas cinzas provenientes dos chuveiros, lavatórios e lavagem de roupa, para tratamento e reúso local de descarga de toaletes, lavagem de pisos e regas de jardins. Considerando o consumo de água para esses usos essa medida poderia representar uma redução de até 40% na demanda doméstica (GONÇALVES et al., 1995).

#### c. Reúso para Fins Industriais

O uso de águas residuárias para fins industriais apresenta possibilidades viáveis de utilização nas torres de resfriamento, na utilização em caldeiras, em processos industriais, na irrigação de áreas verdes de instalações industriais, na lavagem de pisos e alguns tipos de peças, principalmente as da indústria mecânica.

Segundo Hespanhol (2002), o reúso e conservação, devem ser estimulados nas próprias indústrias através de utilização de processos industriais e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água e na recuperação e reúso das águas de lavagem de filtros e de decantadores.

Mancuso (2002) propõe uma classificação quanto às modalidades de reúso de água na indústria, sendo estas: Reúso Macroexterno, Reúso Macrointerno e Reúso Interno Específico

O Reúso Macroexterno pode ser efetuado por companhias municipais ou estaduais de saneamento que fornecem esgotos tratados como água de utilidade para um conjunto de indústrias. Para implementação desse sistema, deve ser feita a análise do sistema de tratamento adicional que garanta a qualidade da água dentro dos padrões, portanto é necessário o estudo de viabilidade técnico e econômico (MANCUSO, 2002, p.47).

Com relação ao Reúso Macrointerno, a literatura cita que trata-se de um sistema em que as indústrias são induzidas através das legislações e instrumentos de outorga e cobrança pela utilização de recursos hídricos, a reduzir o consumo de água, por uma sistemática de racionalização, reúso e redução das cargas poluidoras, por meio de sistemas avançados de tratamento de esgoto. Já o reúso Interno Específico, consiste em efetuar a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais, nos próprios processos nos quais

são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em sequência e que suportam qualidade compatível com o efluente em consideração (MANCUSO, 2002).

Hespanhol (2002) afirma que de uma maneira geral, a prática de reúso e conservação devem ser estimuladas nas próprias indústrias pela utilização de processos industriais e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água.

#### d. Reúso para Fins Domésticos

A utilização de águas residuárias em edificações com finalidade residencial, deve atender a todos os requisitos necessários para implantação de sistema alternativo de oferta de água. O sistema deve atender a todas as obrigações normativas brasileiras e exigências do órgão de saúde pública (HESPANHOL, 2002).

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (FIESP, 2005) apresenta as exigências mínimas para o uso da água não-potável em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos principais parâmetros Físicos dos esgotos domésticos

<b>Atividades</b>	<b>Exigências mínimas</b>
Água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos	Não deve apresentar mau-cheiro;
	Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
	Não deve ser abrasiva;
	Não deve manchar superfícies;
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para descarga em bacias sanitárias	Não deve apresentar mau-cheiro;
	Não deve ser abrasiva;
	Não deve manchar superfícies;
	Não deve deteriorar os metais sanitários;
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Águas para refrigeração e sistema de ar condicionado	Não deve apresentar mau-cheiro;
	Não deve ser abrasiva;
	Não deve manchar superfícies;
	Não deve deteriorar máquinas;
	Não deve formar incrustações.
Água para lavagem de veículos	Não deve apresentar mau-cheiro;
	Não deve ser abrasiva;
	Não deve manchar superfícies;
	Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após a secagem;
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de roupa	Deve ser incolor;
	Não deve ser turva;
	Não deve apresentar mau-cheiro;
	Deve ser livre de algas;
	Deve ser livre de partículas sólidas;
	Deve ser livre de metais;
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Fonte: Adaptada de FIESP (2005).

e. Reúso para Manutenção de Vazões de Cursos D'água

Segundo Mancuso (2002), o reúso de água para manutenção de vazões de cursos d'água, refere-se à utilização de efluentes tratados com o objetivo de manter uma dada vazão, num curso de água para diluir as cargas poluidoras a ele aportadas, como também possibilitar a manutenção de vazões mínimas em épocas de estiagem.

#### f. Reúso para Recarga de Aquíferos Subterrâneos

A recarga artificial de aquíferos pode ser intencional ou acidental. A recarga acidental ocorre com a incorreta disposição de efluentes em fossas sépticas não impermeabilizadas, infiltração em aterros sanitários e campos excessivamente irrigados, escoamento superficial de áreas urbanas, rupturas em sistemas de abastecimento de água e esgotos ou demais vazamentos (BARBOSA, 2008).

A recarga intencional refere-se à introdução de água para o interior do aquífero, seja diretamente através de poços de injeção ou indiretamente através de bacias ou caixas de infiltração. Tem como objetivo aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos, melhorar a qualidade da água, restabelecer o nível freático e novas condições de equilíbrio e diminuir o escoamento superficial. Pode-se utilizar água de rios e lagos, água residual resultantes de estações de tratamento, água dessalinizada e água da chuva (BARBOSA, 2008, p.2).

Segundo ASANO (1996) dentre as vantagens de utilizar o armazenamento subterrâneo de água incluem-se:

- O custo da Recarga Artificial de Aquífero pode ser menor que a construção de reservatórios de água convencionais;
- O aquífero subterrâneo serve como um eventual sistema de distribuição subterrâneo de água, o que elimina a necessidade de canais e tubulações para sua distribuição;
- No aquífero subterrâneo não há perda por evaporação e são evitados os problemas de gosto e odor provocados pela poluição e pela floração de algas, que normalmente afetam as águas superficiais; e
- A implantação de reservatórios superficiais em áreas disponíveis pode ser inviabilizada devido a restrições ambientais (impactos causados ao meio ambiente).



#### g. Reúso na Aquicultura

O esgoto doméstico tem sido mundialmente usado em diversas variedades de sistemas de aquicultura, na maioria dos casos na produção de peixes (FELIZATTO, 2000).

Um claro atrativo para a utilização de esgotos sanitários na piscicultura é a oferta de água. Considerando uma contribuição per capita de esgoto de 150 a 200 L/hab x dia e uma demanda genérica de água para a piscicultura de 10 L/s x ha, constata-se que os esgotos produzidos por pessoa seriam suficientes para suprir uma área de cultivo de peixes de 1,7 à 2,3 m<sup>2</sup>, ou seja, uma população de 10.000 habitantes produziria “água” para o cultivo de peixes em 2 ha (PROSAB, 2006).

A aquicultura, o cultivo de peixes ou plantas aquáticas para consumo humano e para animais, incluindo os peixes, é um campo de aproveitamento cada vez maior das águas residuárias nos países em desenvolvimento, e através dessa orientação deve-se elaborar pesquisas, com urgência, para iniciar o estabelecimento de diretrizes para proteção da saúde pública (OMS, 1987).

De acordo com o estudo realizado pela PROSAB (2006), o fator chave para o reúso na aquicultura é a seleção criteriosa da espécie a ser cultivada. Algumas espécies sugeridas para criação neste tipo de sistema são as de carpa e tilápia. A tilápia tem sido considerada a espécie com maior potencial, por ser tolerante a baixos níveis de oxigênio, a variações na salinidade e a níveis de amônia relativamente elevados.

### 3.4 Tratamento de Esgoto

O entendimento sobre reúso de água requer o conhecimento de várias áreas, dentre elas, destaca-se as tecnologias de tratamento de esgoto.

Nesse contexto, é apresentado nessa seção, as tecnologias de tratamento de esgoto que são utilizadas nas ETES estudadas.

#### a. Decanto-Digestor seguido de Filtro Anaeróbio

Este sistema visa a retenção de sólidos flutuantes; decantação de sólidos sedimentáveis; alteração das características da fase líquida; deposição acúmulo e adensamento do lodo decantado em regime de decomposição anaeróbia; digestão parcial da espuma; e redução sensível do número de bactérias patogênicas. A referida tecnologia é recomendada para o tratamento de esgotos gerados por até 300 pessoas, removendo em média 50% a 70% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (MATOS, 2007).

Ressalta-se que esse sistema é recomendado para soluções individuais, pois a eficiência de tratamento é muito baixa, principalmente quando utilizadas em sistemas coletivos.

#### b. Lagoas de Estabilização

O processo de tratamento ocorrido nas lagoas de estabilização é de fácil compreensão, envolvendo basicamente as bactérias e as algas. As algas, através da fotossíntese, produzem oxigênio, utilizando o  $\text{CO}_2$  produzido pelas bactérias. Já as bactérias usam o oxigênio formado produzido pelas algas para oxidar o material orgânico biodegradável. Na ausência de oxigênio, alguns microrganismos anaeróbios podem transformar o material orgânico em biogás por meio de digestão anaeróbia.

Para que as algas alcancem crescimento satisfatório, mesmo no Brasil, onde se tem normalmente condições favoráveis como temperatura elevada e alta incidência de irradiação solar, ainda assim é requerido longo tempo de detenção hidráulica. Conseqüentemente, as lagoas de estabilização tornam-se sistemas que demandam grandes áreas, limitando assim a sua utilização em áreas que já estejam densamente habitadas. O longo Tempo de Detenção Hidráulica (TDH), da ordem de 20 a 30 dias, necessário para a estabilização do material orgânico é extremamente benéfico tanto para a remoção dos ovos de helmintos, que se sedimentam no fundo da lagoa, quanto para remoção de coliformes termotolerantes. Assim, produz-se um efluente com boa qualidade sanitária, podendo muitas vezes ser utilizado em irrigação irrestrita (DOS SANTOS, 2007).

Os principais tipos de lagoas de estabilização são detalhadas a seguir:

- Lagoa Anaeróbia (LA): recebe o esgoto bruto proveniente do tratamento preliminar, suportando elevadas cargas de  $\text{DBO}_5$  e sendo construída em grandes profundidades (superiores a 3 metros). A digestão anaeróbia é o mecanismo de remoção predominante do material orgânico. Devido aos baixos TDH's, não há praticamente ocorrência de fotossínteses. As lagoas Anaeróbias são normalmente seguidas de lagoas facultativas (DOS SANTOS, 2007).
- Lagoa Facultativa: Representa a segunda lagoa da série caso seja tratamento combinado (ou primeira lagoa, quando não se inclui a lagoa anaeróbia). Devido a sua menor profundidade (1,5 a 2,5 metros), há um ambiente aeróbio na camada superior, decorrente da produção

fotossintetizante das algas, e anaeróbio na camada inferior. Na lagoa Facultativa ocorrem os dois processos de remoção do material orgânico: oxidação nas camadas mais próximas da superfície e digestão anaeróbia no fundo da lagoa (VON SPERLING, 1986).

- Lagoa de Maturação: Construída após as lagoas anaeróbias e facultativas (tratamento combinado), em profundidades da ordem de 1,0 m, para proporcionar um ambiente predominante aeróbio. Essas lagoas permitem elevados tempos de detenção dos esgotos e o decaimento dos coliformes devido à incidência da radiação ultravioleta da luz solar, associado às condições mantidas de pH e de oxigênio (altos valores) (DOS SANTOS, 2007).
- Lagoa Aerada Facultativa: Nesse tipo de lagoa, a aeração é mecânica e fornecida por aeradores de superfície ou ar comprimido, diferentemente das lagoas facultativas convencionais que utilizam oxigênio através da fotossíntese. Nestas lagoas, o nível de energia introduzido pelos aeradores é suficiente apenas para a oxigenação da massa de água, não tendo influência na manutenção dos sólidos (bactérias e sólidos do esgoto) em suspensão, os quais tendem a sedimentar, formando uma camada de lodo que será decomposta anaerobiamente. Apenas a DBO solúvel e finamente particulada permanece na massa líquida, vindo a sofrer decomposição aeróbia. A lagoa se comporta, portanto, como uma lagoa facultativa convencional. Devido à manutenção, as lagoas aeradas são menos simples em termos de manutenção e operação, comparadas com as lagoas facultativas convencionais (VON SPERLING, 1986).

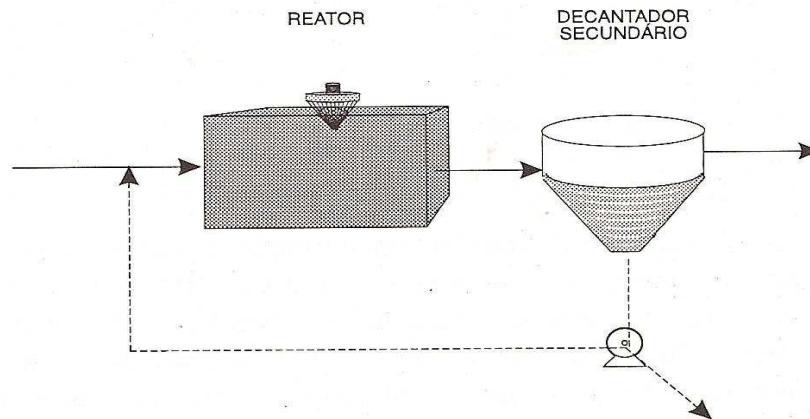
### c. Lodos Ativados

O sistema de lodos ativados é utilizado, a nível mundial, para o tratamento de esgotos domésticos e industriais, em situações em que é necessária uma elevada qualidade do efluente e reduzido requisitos de área. No entanto, o sistema de lodos ativados inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando em uma

operação mais sofisticada e em maiores consumos de energia elétrica (VON SPERLING, 1997).

A Figura 1 mostra as unidades integrantes da etapa biológica do sistema de lodos ativados (fluxo líquido).

Figura 1 – Partes Integrantes de um sistema de lodos ativados

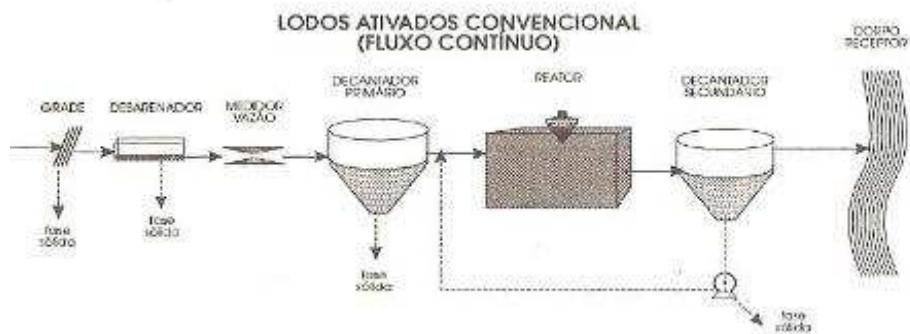


Fonte: Von Sperling (1997).

Nos sistemas de lodos ativados, o tempo de detenção hidráulica é bem baixo, da ordem de horas, implicando em que o volume do tanque de aeração seja bem reduzido. No entanto, devido à recirculação dos sólidos, estes permanecem no sistema por um tempo superior ao do líquido. O tempo de retenção dos sólidos é denominado idade do lodo. É esta permanência dos sólidos no sistema que garante a elevada eficiência dos sistemas de lodos ativados, já que a biomassa tem tempo suficiente para metabolizar praticamente toda a matéria orgânica dos esgotos. Os sistemas de lodos ativados mais utilizados são os de lodos ativados convencional, aeração prolongada e intermitente. (VON SPERLING, 1997).

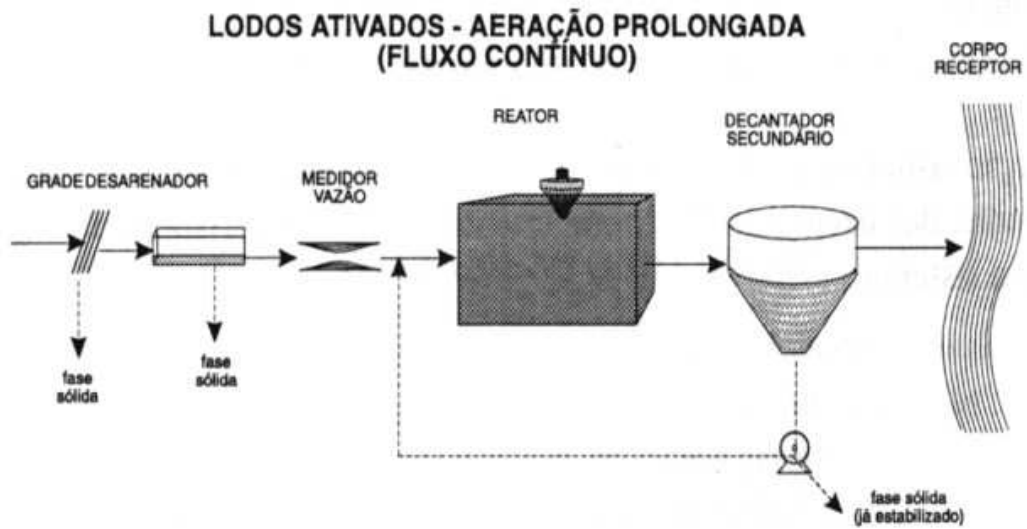
A Figura 2 mostra o esquemático do sistema de lodos ativados convencional, a figura 3 mostra o sistema de lodos ativados com aeração prolongada e a figura 4 mostra o sistema de lodos ativados com Fluxo Intermitente.

Figura 2 – Unidades do Sistema de Lodos Ativos Convencional (Fluxo Contínuo)



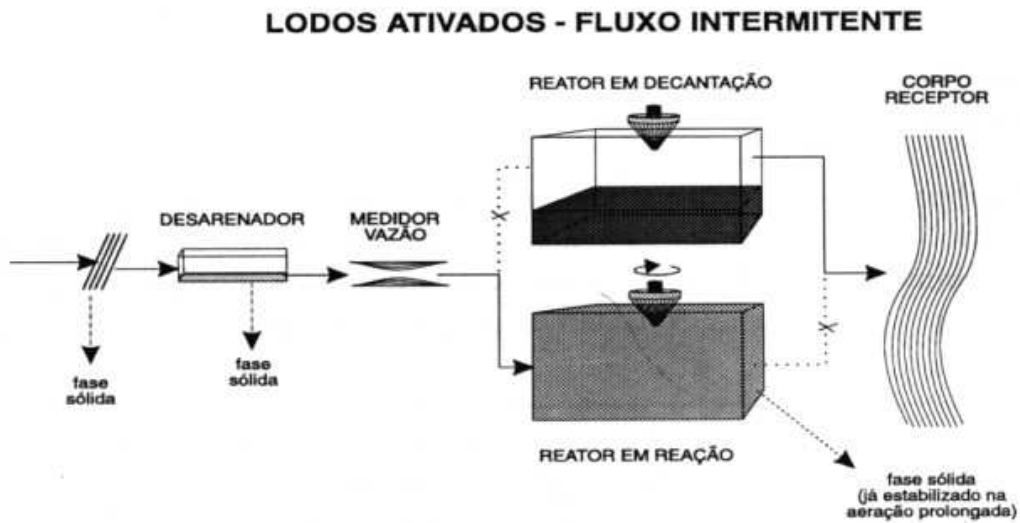
Fonte: Von Sperling (1997).

Figura 3 – Unidades do Sistema de Lodos Ativos Aeração Prolongada



Fonte: Von Sperling (1997).

Figura 4 – Unidades do Sistema de Lodos Ativos com Fluxo Intermitente (Batelada)

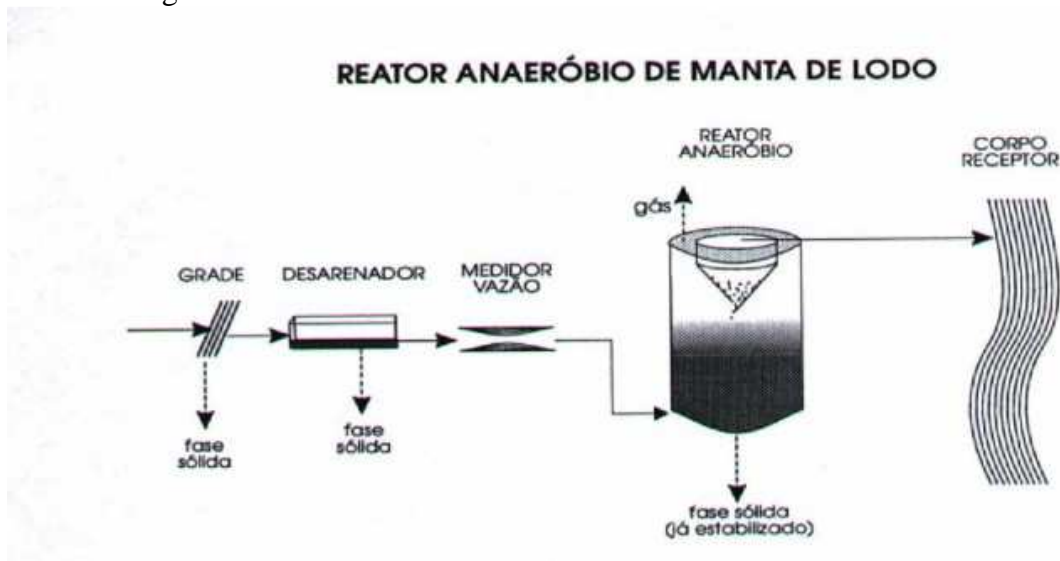


Fonte: Von Sperling (1997).

#### d. Reatores UASB seguidos de FBAS

Segundo VON SPERLING (2005), os reatores UASB constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgotos no Brasil, como unidades únicas, ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento. Nesse sistema de tratamento a biomassa cresce dispersa no meio, e não aderida a um meio suporte especialmente incluído, como no caso dos filtros biológicos percoladores ou filtros anaeróbios. Por ser constituído de separador trifásico, observa-se a eficiência na separação sólido-líquido que resulta em um efluente bastante clarificado. A Figura 5 mostra o sistema do Reator Anaeróbio de Manta de Lodo.

Figura 5 – Unidades do Sistema de Reator Anaeróbico de Manta de Lodo



Fonte: Von Sperling (1997).

O uso de reatores UASB sem pós-tratamento, quando bem operados, promove uma redução de DBO na faixa de 60% a 75% no tratamento de esgoto doméstico (VON SPERLING, 1996). Mas apesar da alta eficiência, na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, os reatores UASB dificilmente produzem efluentes que atendam os requisitos legais de lançamento. Assim, quase sempre é necessária a realização de um pós-tratamento (JORDÃO e PESSOA, 2005).

De acordo com Paiva (2009), algumas das principais condições que devem ser encontradas nestes reatores são: uma efetiva separação do biogás, do esgoto e do lodo; o lodo anaeróbico deve apresentar uma boa capacidade de sedimentação, e principalmente, deve desenvolver um lodo (biomassa) de elevada atividade.

No que se refere aos Filtros biológico aerado submerso (FBAS), observa-se que o mesmo tem sido empregado por mais de 50 anos e parecem ser uma boa alternativa em relação a outros processos de tratamento. Os microorganismos crescem no meio suporte, e ainda no meio intersticial eliminando a necessidade da recirculação de lodo, e os distúrbios resultantes do bulking do lodo. Nos filtros aerados as bolhas de ar podem, por meio de esforços de cisalhamento, erodir o biofilme e prevenir a colmatação do meio filtrante. A turbulência também assegura um bom contato entre o substrato e os microorganismos. (HELLER, 1989).

Os FBAS podem operar com fluxo ascendente ou descendente, e como necessitam de aeração, esta é feita artificialmente. Existem duas formas principais de se introduzir

oxigênio: por meio de difusores de ar alimentados por sopradores e por meio de turbilhonamento do líquido causado por aeração mecânica (VON SPERLING, 1996).

A combinação de Reatores UASB seguido de FBAS pode ser encontrada em muitas ETE's doméstico do Brasil. Nessa combinação, há eliminação da decantação primária, substituindo-a por reatores UASB, que removem cerca de 70% da DBO presente no esgoto. O pós-tratamento do efluente anaeróbio é realizado nos biofiltros, objetivando a remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos remanescentes. No sistema proposto, o lodo de excesso produzido nos biofiltros é recirculado para o reator UASB, onde ocorre a digestão e adensamento pela via anaeróbia. O excesso de lodo produzido no reator UASB, que apresenta elevado grau de estabilização e adensamento, é descartado por gravidade e disposto em leitos de secagem, para desidratação. Assim, o reator UASB é a única fonte de emissão de lodo. O lodo desidratado pode ainda ser reutilizado, após passar por etapas de estabilização e higienização com cal. Após a higienização, este lodo adquirirá características de um lodo classe "A", podendo ser utilizado na agricultura sem restrições. (VON SPERLING, 1996).

A Tabela 2 mostra as concentrações médias dos efluentes dos sistemas de tratamento descritos ao longo dessa pesquisa e a Tabela 3 mostra as eficiências percentuais dos sistemas mencionados na Tabela 2.



Tabela 2 – Concentrações médias dos efluentes dos sistemas de tratamentos de esgoto.

Sistema	Qualidade Média do Efluente							
	DBO <sup>5</sup> (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	Amônia N (mg/l)	N total (mg/l)	P total (mg/l)	CTer (NMP/100ml)	Ovos Helm. (ovo/l)
Lagoa Facultativa	50-80	120-200	60-90	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	<1
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	50-80	120-200	60-90	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	<1
Lagoa Aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
Lagoa Aerada mistura completa + lagoa sedimentação	50-80	120-200	40-60	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
Lagoa Anaeróbia + Lagoa facultativa + Lagoa de Maturação	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	<4	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup>	<1
Wetlands	30-70	100-150	20-40	>15	>20	>4	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	<1
Reator UASB	70-100	180-270	60-100	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + Lodos Ativados	20-50	60-150	20-40	5-15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + Biofiltro Aerado Submerso	20-50	60-150	20-40	5-15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + FBP de alta carga	20-60	70-180	20-40	>15	>20	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + Flotação por ar dissolvido	20-50	60-100	10-30	>20	>30	1-2	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + Lagoa de polimento	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	<4	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup>	<1
UASB + Lagoa Aerada Facultativa	50-80	120-200	60-90	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1
UASB + Lagoa Aerada Mist. Completa + Lagoa Decant.	50-80	120-200	40-60	>20	>30	>4	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	>1

Fonte: PROSAB (2006)

Tabela 3 – Eficiências médias de remoção dos principais sistemas de tratamentos de esgoto.

Sistema	Eficiência média de remoção						
	DBO <sup>5</sup> (%)	DQO (%)	SS (%)	Amônia N (%)	N total (%)	P total (%)	CTer (NMP/100ml)
Lagoa Facultativa	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa Aerada facultativa	75-85	65-80	70-80	<30	<30	<35	1-2
Lagoa Aerada mistura completa + lagoa sedimentação	75-85	65-80	80-87	<30	<30	<35	1-2
Lagoa Anaeróbia + Lagoa facultativa + Lagoa de Maturação	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	<50	3-5
Wetlands	80-90	75-85	87-93	<50	<60	<35	3-4
Reator UASB	60-75	55-70	65-80	<50	<60	<35	~1
UASB + Lodos Ativados	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + Biofiltro Aerado Submerso	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + FBP de alta carga	80-93	73-88	87-93	<50	<60	<35	1-2
UASB + Flotação por ar dissolvido	83-93	83-90	90-97	<30	<30	75-88	1-2
UASB + Lagoa de polimento	77-87	70-83	73-83	50-65	50-65	<50	3-5
UASB + Lagoa Aerada Facultativa	75-85	65-80	<30	<30	<30	<35	1-2
UASB + Lagoa Aerada Mist. Completa + Lagoa Decant.	75-85	65-80	80-87	<30	<30	<35	1-2

Fonte: PROSAB (2006)

### 3.5 Aspectos Legais sobre Reúso de Água

Abaixo são descritos as principais legislações em nível Federal e Estadual sobre o tratamento de efluentes e parâmetros correlacionados a esgotos domésticos.

- Nível Federal

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), visa assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, por meio da utilização racional e integrada dos recursos hídricos, considera reúso das águas como uma dessas formas.

Com o objetivo de evitar a poluição e contaminação de qualquer espécie, modificando os usos dos corpos d'água, instituiu-se a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece 13 (treze) classes de acordo com os usos preponderantes da água no Território Nacional. Os efluentes somente podem ser descartados em corpos d'água se os seus parâmetros característicos se situarem dentro do balizamento dado pela referida Resolução, para cada classe de corpo de água. Sendo assim, medidas devem ser cumpridas para manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe. Esta Resolução estabelece, por meio de vários artigos, uma série de limites e condições, sob os pontos de vista físico, químico e bioquímico, para as águas das diversas classes. São estabelecidos padrões mínimos para os efluentes serem aceitos como descartes em corpos de água. Para que eles possam ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, devem obedecer às condições preestabelecidas (CONAMA, 2005).

Embora no Brasil já existam várias iniciativas de reúso não potável de água, como no setor industrial, além da prática inconsciente (reúso não planejado) em outros setores, como no setor agrícola, não existe uma política estabelecida, arcabouço legal e institucional, ou parâmetros estabelecidos para a prática de reúso no Brasil. Porém, a Política Nacional de Recursos Hídricos e as diretrizes da Resolução Conama nº 357/2005 criam fundamentos jurídicos e condicionantes legais para o reúso de água. (CAIXETA, 2010, P.97)

O reúso de água surge como um instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos, visando à redução da pressão sobre os mananciais de abastecimento, liberando as águas de melhor qualidade para os fins mais nobres, e trazendo uma série de benefícios específicos aos

usuários, tais como o aumento de produtividade agrícola, a redução de custos com a compra de água e a preservação das águas subterrâneas (CAIXETA, 2010).

Entretanto, enquanto a prática do reúso se dissemina no Brasil, não há a criação de nenhuma legislação federal visando regular o setor, proteger o meio ambiente e a saúde dos grupos de risco. Sendo assim, é preciso definir uma política de reúso, estabelecendo critérios para sua implementação a nível federal, além da necessidade de desenvolver uma base legal específica, com a definição de normas, instrumentos de gestão, padrões, critérios de fiscalização e monitoramento e códigos de práticas, bem como delinear o arcabouço institucional, de forma articulada e participativa. Iniciativas dessa natureza já estão sendo tomadas com a criação e atuação do Grupo Técnico de Reúso, no âmbito da Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia, no Conselho Nacional de Recursos Hídricos, por meio da discussão e definição de propostas que institucionalizam esses instrumentos. Como resultado do trabalho desse Grupo Técnico, foi editada a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, estabelecendo modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso. (CAIXETA, 2010, P.98)

Hespanhol (2002) argumenta que também é necessário a implantação de projetos pilotos. Essas unidades experimentais devem cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reúso, principalmente os relativos ao setor agrícola, e deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades piloto serão transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor.

- Nível Estadual

Não havia nenhuma legislação sobre reúso de água no Ceará até o ano de 2016, ano em que foi sancionada a Lei Estadual nº 16.033 de 20/06/2016, um marco histórico, pois durante anos era discutido e cobrado do poder público um dispositivo que regulamentasse o reúso de água no Ceará. A referida legislação dispõe sobre a política de Reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará.

Analisando o art 1º da Lei 16033/16, observa-se que o dispositivo foca apenas no reúso de água não potável, com o objetivo de viabilizar e estimular a sua ação no Estado do Ceará.

O reúso da água não potável, para efeito da Lei 16.033/2016, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil e combate à incêndio;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: utilização de água de reúso para irrigação na produção agrícola e cultivo de florestas plantadas, tendo ainda como subproduto a recarga de lençol subterrâneo;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação ambiental;

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

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou para o cultivo de vegetais aquáticos.

Analisando as principais diretrizes propostas pela Lei 16033/16, ressalta-se os seguintes pontos: É vedado o reúso de água não potável para fins de abastecimento humano; o reúso de água não potável depende previamente da caracterização do efluente a ser tratado, da identificação das atividades que admitem água de reúso; e da identificação da qualidade de água requerida para cada atividade descrita; A atividade de reúso de água não potável está condicionada à outorga, devendo todos os equipamentos ou sistemas serem hidrometrados;

Ainda no estudo da Lei 16.033/2016, observa-se que a mesma institui o “Selo Reúso” para os usuários de água de reúso externo e interno, sendo este um dispositivo de incentivo para os empreendimentos que implantarem reúso em suas atividades.

Em 2017 foi publicada a resolução COEMA 02/2017, em cumprimento com a Lei 16.033/2016. A referida legislação dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras no Estado do Ceará além de Estabelecer diretrizes, critérios e parâmetros específicos para o reúso não potável de água de acordo com as modalidades regulamentadas nesta legislação.

### **3.6 Experiências com Reúso de Água**

Existem vários casos de Cidades, Estados e até Países que implantaram o reúso de água e atualmente são referência no tema. Esses locais utilizam a água de reúso nas mais diversas formas, tanto reúso potável como reúso não potável. Abaixo são descritos os principais sistemas de reúso existentes do Mundo.

Windhoek, Namíbia - O reúso potável direto vem sendo praticado há mais de 40 anos, sem problemas de saúde pública associados. Além de um completo sistema de monitoramento da

qualidade da água, é utilizado o princípio de pontos críticos de controle, o que traz uma maior segurança de saúde pública aos usuários do sistema (HESPANHOL, 2014).

Cloudcroft, Novo México, EUA - A pequena vila de Cloudcroft, no Novo México, tem uma população de aproximadamente 850 habitantes, que cresce para mais de 2 mil durante fins de semana e feriados. Nessas ocasiões a demanda de água passa de aproximadamente 680 m<sup>3</sup>/dia para um pico próximo a 1.360 m<sup>3</sup>/dia. Visando eliminar o transporte de água através de caminhões-pipa durante os picos de consumo, a comunidade decidiu aumentar a disponibilidade de água através de um sistema de RPD, utilizando os esgotos domésticos produzidos localmente (HESPANHOL, 2014).

Big Springs, Texas, EUA - Embora o reúso de água seja praticado na região há muito tempo, o Colorado River Water District, que abastece várias comunidades da região, inclusive Big Springs, tomou, recentemente, a decisão de “reciclar 100% da água, durante 100% do tempo” (HESPANHOL, 2014).

Beaufort West, África do Sul - A estação de tratamento avançado de Beaufort West recebe efluentes tratados por sistemas terciários convencionais das ETEs Northern e KwaMashu. A ETE foi dimensionada para uma vazão de 2.100 m<sup>3</sup>/dia e é composta de Ultrafiltração, osmose reversa, processo oxidativo avançado (peróxido de hidrogênio e UV) e desinfecção por cloro. Ela produzirá 1.000 m<sup>3</sup>/dia, que serão mesclados com água tratada pela ETA local de 4.000 m<sup>3</sup>/dia, produzindo, portanto, uma vazão total de 5.000 m<sup>3</sup>/dia (HESPANHOL, 2014)

Japão - Desde 1968 o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Cerca de 1% de todo efluente tratado é reutilizado, sobretudo para atender às demandas urbanas não potáveis como: descarga sanitária, uso industrial e aumento das vazões dos rios. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados a nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segundo estágio), para uso em descarga de banheiros em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização. Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Ooita, Aomori e Tóquio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa

qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis (HESPANHOL, 2002).

França - Na França, existem oito projetos de irrigação que, somados, totalizam 156 ha de áreas esportivas, parques e campos de golfe irrigados com esgoto tratado. A maior parte destas áreas irrigadas localiza-se em regiões turísticas, em grandes hotéis e resorts. O tratamento varia de acordo com o projeto. Entretanto, em sua maioria, os efluentes são tratados por lodos ativados seguidos de lagoas e desinfecção com UV ou cloro (HESPANHOL, 2002).

EUA - Nos Estados Unidos, os estados do Arizona, Califórnia, Colorado, Florida, Geórgia, Havaí, Massachusettes, Nevada, Nova Jersey, Novo México, Carolina do Norte, Ohio, Orígon, Texas, Utah, Washington, Wyoming incentivam o reúso como estratégia de conservação dos recursos hídricos locais (HESPANHOL, 2002).

Calcutá, Índia - Praticamente todo o esgoto bruto da cidade de Calcutá é utilizado em cerca de 4.400 ha de tanques de criação de peixes, a mais de 27 km ao leste da região metropolitana, alimentados por um complexo sistema de canais. Algumas unidades produtivas são arrendadas pelo poder público, outros são propriedades privadas ou operam em sistemas de cooperativas (PROSAB, 2006).

Israel - Recarga de águas subterrâneas por bacias. As águas subterrâneas bombeadas são transferidas via sistema adutor com 100 km de extensão para irrigação irrestrita de culturas alimentares no sul de Israel (PROSAB, 2006).

São Paulo - Um estudo de caso recente e de destaque no cenário Brasileiro sobre reúso urbano é o da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. A Companhia realiza reúso em quatro ETEs da Região Metropolitana de São Paulo, sendo elas a ETE Barueri, ETE Jesus Neto, ETE Parque Novo Mundo e ETE ABC, com capacidade combinada de aproximadamente 830 L/s, para usos industriais e municipais (ABES, 2015).

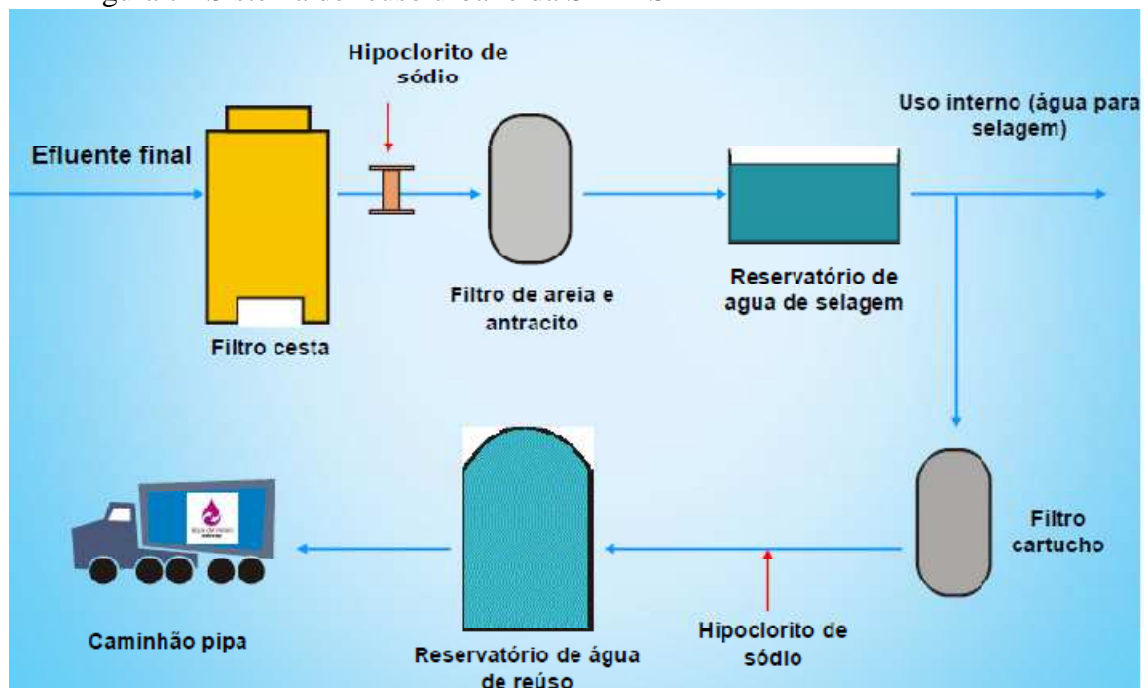
A Figura 6 mostra a lavagem de ruas e logradouros com água de reúso em São Paulo e a Figura 7 mostra o esquemático do sistema de reúso urbano adotado pela SABESP.

Figura 6 – Lavagem de ruas e Logradouros com água de Reúso em São Paulo



Fonte: ABES (2015).

Figura 7 – Sistema de reúso urbano da SABESP



Fonte: ABES (2015).



Rio de Janeiro - Com a crise hídrica que afeta a Região Sudeste, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (Cedae) implantou no Rio de Janeiro um sistema de água de reúso, no qual o esgoto tratado é destinado à limpeza urbana e ao consumo industrial. As estações de tratamento de esgoto Alegria e Penha já fazem esse tipo de operação. A Estação da Penha recicla mensalmente cerca de 6 milhões de litros de água, que são fornecidos à Companhia Municipal de Limpeza Urbana para limpeza de ruas após feiras livres, calçadas, praças e monumentos do Rio. Na Estação da Penha, 910 mil litros de esgoto são tratados mensalmente e a água de reúso originada é encaminhada para o setor de construção e limpeza das obras do Porto Maravilha, no centro da cidade (CEDAE, 2015).

Ceará - A Cagece, concessionária estadual do Ceará, está operando desde Janeiro de 2013 uma estação de produção de água de reúso (EPAR) no bairro Guadalajara, em Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, fornecida para rega de áreas e com capacidade para 7 m<sup>3</sup>/h. A EPAR utiliza tecnologia alemã para polimento do efluente final, envolvendo ozonização. O processo consiste em ETE com lagoas anaeróbia, facultativa e três lagoas de maturação, em série. Seguem-se tanques de pré-cloração e adição de coagulante (PAC). Depois há passagem por filtros de areia e desinfecção por ozonização e UV. Por fim há dois filtros de carvão ativado e cloração final. A Figura 8 mostra o Sistema utilizado na EPAR no bairro Guadalajara, Caucaia, Ceará.

Figura 8 – Sistema de Tratamento da ETE Guadalajara - Filtros de Carvão Ativado



Fonte: Autor (2016).

Além da ETR Guadalajara, destaca-se no Ceará o Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgoto e Reúso de Águas, que fica situado em um anexo na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), no município de Aquiraz, a aproximadamente 27 km da cidade de Fortaleza, Ceará. A ETE mencionada foi projetada para receber o esgoto dos municípios de Aquiraz e Eusébio, sendo que no momento, está recebendo somente do primeiro município citado, estando com parte de sua capacidade de funcionamento inativa, tendo como principais características uma população final de projeto de 37.978 habitantes e vazão final de projeto de 103,43 L

A ETE Aquiraz é composta por um sistema de lagoas de estabilização, estando em funcionamento, em série, uma lagoa anaeróbica, uma facultativa e duas de maturação.

As atividades do Centro de Pesquisa sobre tratamento de esgotos e reúso de águas, tiveram início em agosto de 2004 com o desenvolvimento de pesquisas sobre a utilização de esgotos domésticos, tratados em irrigação e piscicultura (MOTA, 2007).

Nas pesquisas sobre irrigação, foram utilizados sistemas para irrigar plantios de mamona, mamão, feijão e melancia com o objetivo avaliar o desenvolvimento das diversas culturas irrigadas com esgoto doméstico tratado, em comparação com as áreas irrigadas com água convencional tratada. Na Piscicultura, foram realizadas pesquisas com a tilápia do Nilo com o objetivo de verificar a qualidade da água destinada à piscicultura, avaliando os impactos de alguns componentes sobre as espécies de peixes além de comparar o desenvolvimento das espécies cultivadas em diferentes condições, em termos de qualidade das águas dos tanques e da existência de aeração ou não (MOTA, 2007).

A Figura 9 mostra os tanques Piscicultura do Centro de Pesquisa sobre tratamento de Esgoto e Reúso de água localizado no Município de Aquiraz-CE.

Figura 9 – Tanques de Piscicultura abastecidos com água de reúso no Centro de Pesquisa sobre tratamento de esgotos e reúso de água em Aquiraz-CE



Fonte: Mota (2007).

Na área industrial, Fortaleza possui um sistema modelo de tratamento de esgoto com reúso de água. Um dos maiores parques aquáticos do mundo, sendo o maior da América Latina, o beach park, optou por reduzir o consumo de recurso hídrico há 7 anos, quando foram implantados 800 metros de rede coletora para atender ao complexo turístico, que compreende o parque aquático e três hotéis. Antes, operando com água comprada de carros pipa, o sistema já reutiliza 100% da água proveniente do esgoto tratado. Cerca de 1200 m<sup>3</sup> da água tratada são usadas para regar jardins e fazer a limpeza da frota de ônibus da empresa. A Figura 10 mostra a ETE com reúso de água do complexo Beach Park.

Figura 10 – ETE com reúso do Complexo Beach Park



Fonte: Paiva (2007).

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Etapas da Pesquisa**

Na realização dessa pesquisa foram seguidas as etapas:

- a. Análise das modalidades de reúso;
- b. Levantamento de dados;
- c. Estimativa das vazões;
- d. Seleção das ETEs e dos Padrões de Reúso Urbano;
- e. Potencial de Reúso Urbano dos Efluentes gerados;
- f. Levantamento de Possíveis Consumidores.

### **4.2 Análise das Modalidades de Reúso**

Conforme mencionado anteriormente, a Lei 16.033/2016 dispõe sobre a política de reúso de água não potável no Ceará, ressaltando que a legislação não recomenda o reúso potável, devido ao elevado risco dessa forma de reúso. Observa-se que os possíveis usos para a água de reúso, de acordo com a Lei 16.033/2016, são os seguintes: fins urbanos, fins industriais, fins agrícolas, fins ambientais e na aquicultura. Cada modalidade de reúso apresentada necessita de determinado efluente tratado com características específicas. Dessa forma, para avaliação do potencial de reúso, deve-se inicialmente adotar qual(is) modalidades de reúso serão utilizadas afim de se determinar se os efluentes atendem em termos de vazão e qualidade do efluente tratado. Nesse trabalho será adotado apenas uma modalidade de reúso e avaliado o seu potencial. Ressalta-se, no entanto, que um sistema de gestão de recursos hídricos com reúso de água, deve visar não somente em uma modalidade isolada, e sim na integração das modalidades de reúso de forma a utilizar os efluentes em diversos fins. Porém, no caso dessa pesquisa, será adotado apenas uma modalidade de reúso de forma a facilitar a avaliação do potencial.

Os critérios utilizados para a escolha da modalidade de reúso foram as seguintes:

- a. Demanda de água - Foi avaliado se a modalidade de reúso necessita uma quantidade de água compatível com o que é gerado;
- b. Qualidade do Efluente Tratado - Foi avaliado se a modalidade de reúso requer uma qualidade de efluente similar à dos esgotos tratados nas ETEs, evitando-se assim custos excessivos com construções e readequações das ETEs;

c. Logística e Implantação do Sistema de Reúso - A escolha da forma de reúso deve estar dentro da realidade do município estudado. Assim, deve-se optar uma modalidade que apresente viabilidade de implantação, avaliando a distância entre as ETEs e o consumidor final e como se dará essa logística.

A Tabela 4 mostra a análise das modalidades de reúso regulamentadas pela Lei 16.033/2016.

Tabela 4 – Análise das formas de reúso não potável descritas na Lei 16.033/2016.

<b>Modalidade</b>	<b>Demanda de água</b>	<b>Qualidade do efluente</b>	<b>Avaliação da Logística e da Implantação do Sistema para Fortaleza-CE</b>
Reúso para Fins Agrícolas e Florestais	Alta	Média	A implantação dessa forma de reúso nas ETES domésticos de Fortaleza apresenta desvantagens por conta da localização das ETE's, já que as mesmas se situam em região urbana e as áreas agrícolas situam-se em áreas mais afastadas da cidade, ocasionando custos elevados no transporte, tornando o processo inviável.
Reúso para Fins Ambientais	Baixa	Média	Essa forma de reúso requer baixa demanda de água, já que praticamente não existem projetos de fins ambientais na cidade de Fortaleza. Assim, essa modalidade não consumiria todo efluente tratado das ETES estudadas, podendo ser destinado uma parcela do efluente para essa alternativa.
Reúso para Fins Industriais	Alta	Alta	Nessa modalidade, a qualidade do efluente requerido varia muito de acordo com o uso na indústria. Observa-se também que muitas indústrias de médio e grande porte já realizam reúso interno de água em suas plantas. Por essas razões, a opção de fazer reúso na indústria através do esgoto tratado das ETES doméstico deve ser melhor estudada.
Reúso na Aquicultura	Média	Alta	A mesma justificativa que inviabiliza o reúso para fins agrícolas também se aplica nesse item já que o cultivo de peixes situa-se geralmente nas áreas mais afastadas da cidade, ocasionando custos elevados no transporte da água, tornando o processo inviável.
Reúso Urbano	Alta	Média	Essa seria a melhor opção do ponto de vista da quantidade de água demandada e da logística envolvida, já que as ETES estão situadas no perímetro urbano e é justamente nessa área onde seria utilizada a água de reúso para fins urbanos. Outro ponto que fortalece a escolha pelo reúso urbano é devido à qualidade do efluente tratado das ETES doméstico de Fortaleza. Pois, o reúso urbano é uma prática, que, conforme fora citado na revisão, não requer efluente com altos padrões de qualidade já que sua aplicação é para usos menos nobres.

Fonte: CAGECE, 2016.

De acordo com a tabela 4, observa-se que o reúso urbano é a modalidade de reúso que melhor atende às condições presentes do município tendo em vista os seguintes pontos:

a. Atendimento à Legislação, pois a Lei 16.033/2016 prevê o reúso urbano como uma das modalidades a serem aplicadas no Estado do Ceará;

b. Tal modalidade não requer efluente tratado de alta qualidade, quando comparada com outras modalidades;

c. Alta demanda de água no setor urbano. Conforme observado na literatura, o efluente tratado pode ser utilizado para irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil e combate à incêndio, irrigação de parques, canteiros de rodovias e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, além de usos na construção (compactação do solo, abatimento). Ressalta-se também que essa demanda cresce continuamente.

Diante do exposto, a modalidade adotada para avaliação do potencial de reúso de água através dos efluentes gerados nas ETEs doméstico de Fortaleza será o Reúso Urbano.

### **4.3 Levantamento de Dados**

A Cagece é a empresa responsável pelo saneamento no Estado do Ceará, dos 184 municípios 149 tem seus sistemas de água e 41 sistemas esgotamento sanitário operados pela Cagece. Os demais municípios cearenses são atendidos por Sistemas Autônomos de Água e Esgoto, cuja responsabilidade é das Prefeituras Municipais. Constituída sob a forma de sociedade de economia mista, sob o controle acionário do Governo do Estado do Ceará, a Cagece é responsável pela execução das obras de implantação, ampliação, manutenção e operação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios onde detém a concessão ou com os quais firmou convênios para prestar esses serviços.

Segundo Caixeta (2010), Fortaleza possui o maior índice de cobertura de esgotamento sanitário, dentre os municípios do Ceará. O sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza é realizado de duas formas: Sistemas isolados que contemplam Conjuntos Habitacionais e Sistema de Disposição Oceânica,



a. Sistema de Disposição Oceânica

Este sistema é constituído por: Várias bacias coletoras de esgoto; Dois interceptores oceânicos: Leste e Oeste; Estação de Pré-Condicionamento – EPC; Estação de Tratamento de Odores – ETO e um Emissário Submarino.

As bacias depois de coletarem os esgotos enviam estas águas residuárias para os dois interceptores, que por sua vez lançam na Estação de Pré-Condicionamento. Nesta Unidade, os esgotos sofrem um tratamento preliminar onde são removidos materiais grosseiros, finos e outros sedimentáveis (areia, inorgânicos etc.). Em seguida os esgotos são encaminhados para o Emissário Submarino que lançam os despejos no Oceano Atlântico, a uma distância de 3.330 m. Neste corpo d'água, os esgotos sofrem o processo da diluição e são afastados do litoral da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) pelas correntes marítimas. A capacidade real média atual do Sistema é de 2.500 L/s e a capacidade total do Sistema é de 4.500 L/s (CAGECE, 2008).

A EPC (Figura 11) tem por finalidade remover o material sólido e o material flutuante no esgoto para que seja lançado ao mar através do emissário submarino.

Figura 11 – Estação de pré-condicionamento de esgoto de Fortaleza



Fonte: Fortaleza (2014).

Muito embora, alguns estudos prévios tenham indicado que o mar tem a capacidade de depurar os despejos oriundos do sistema, é necessário um acompanhamento sistemático dos parâmetros ambientais, com vistas a detectar possíveis mudanças causadas pelos impactos negativos ao meio ambiente.

#### b. Sistemas Isolados

Além do sistema de Disposição Oceânica a Cagece possui 178 estações de tratamento isoladas operando na RMF e no interior, utilizando as seguintes tecnologias: Decanto-digestores associados a filtros anaeróbios; Reatores UASB, Lagoas de Estabilização; e Lodos Ativados.

A maioria dos sistemas de tratamento existentes em Fortaleza foram instalados nas décadas de 70 e 80, na época em que a legislação ambiental não era tão restritiva. Observa-se que a maioria desses sistemas operam com baixa eficiência de tratamento, não atendendo ao Padrão de Lançamento estabelecido pela SEMACE, Portaria N° 154/2002 (Revogada pela Resolução COEMA 02/2017). Segundo informações da CAGECE, já existe um projeto na empresa para desativar/readequar essas estações.

Os sistemas isolados são aqueles que não foram interligados ao sistema integrado de transporte dos efluentes sanitários que convergem para a EPC (Estação de Pré- Condicionamento) por motivos diversos, com solução de destinação final de seus efluentes através de decanto-digestores associados a filtros anaeróbios, lagoas de estabilização, reatores anaeróbios e lodos ativados, com porte e condições de operação diferenciadas (FORTALEZA, 2014).

De acordo com a Resolução COEMA N°04 de Abril de 2010, a concessionária responsável pelos sistemas de esgotamento sanitário dos empreendimentos caracterizados como habitações de interesse social deverão cumprir o prazo de 10 anos para interligar esses sistemas à rede pública coletora de esgoto (FORTALEZA, 2014).

Alguns sistemas isolados foram desativados em época recente, através do programa SANEFOR, quando foram efetuadas suas interligações a redes coletoras e interceptores. A proposta prioritária para o futuro sistema de esgotamento sanitário será a interligação do maior número possível de sistemas isolados a futuras redes e interceptores, reduzindo, desta forma, problemas operacionais de difícil solução (FORTALEZA, 2014).

A tabela 5 mostra a relação das Estações de tratamento de Esgoto situada em Fortaleza-CE e suas respectivas tecnologias de tratamento.

Tabela 5 – Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto

<b>Nome do Sistema</b>	<b>Descrição da ETE</b>
Conj. Renascer	1 LF e 3LM em série
Conj. Nova Vida	8 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Pequeno Mondubim	2 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Sumaré	1 módulo de DD + FA e cloração
Conj. Luciano Cavalcante	2 módulos de DD + FA e cloração
Passaré	2 módulos de DD + FA e cloração
Fernando de Noronha	1 módulo de DD + FA e cloração
Alto Alegre (Messejana)	5 módulos de DD + FA e cloração
Sítio São João	22 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Almirante Tamandaré I	2 módulos de DD + FA e cloração
Bandeirantes	6 módulos de DD + FA e cloração
Guajerú	1 módulo de DD + FA e cloração
Sítio Córrego	2 módulos de DD + FA e cloração
Soares Moreno	1 módulo de DD + FA e cloração
Marcos Freire	1 módulo de DD + FA e cloração
Conj. Da PM - Messejana	1 módulo de DD + FA e cloração
Nova Descoberta	1 módulo de DD + FA e cloração
8 de Setembro	1 módulo de DD + FA e cloração
Planalto Pici	1 módulo de DD + FA e cloração
Jardim União I	3 módulos de DD + FA e cloração
Unidos Venceremos	2 módulos de DD + FA e cloração
Sítio Estrela	1 módulo de DD + FA e cloração
Ipaumirim	1 módulo de DD + FA e cloração
Chico Mendes 3	1 módulo de DD + FA e cloração
São José da Paupina	1 módulo de DD + FA e cloração
24 de Março	1 módulo de DD + FA e cloração
Res. Santa Helena	1 módulo de DD + FA e cloração
Conj Por-do-Sol	3 UASB em paralelo e cloração

Fonte: CAGECE, 2016.

Tabela 5 – Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto - Continuação

<b>Nome do Sistema</b>	<b>Descrição da ETE</b>
Aracapé III	2 UASB em paralelo e cloração
Curió I	4 UASB em paralelo e cloração
Curió II	1 UASB em paralelo e cloração
Dias Macedo	1 UASB em paralelo e cloração
Itaperí I	1 UASB em paralelo e cloração
Novo Barroso II	3 UASB em paralelo e cloração
Novo Mondubim II	1 UASB em paralelo e cloração
Pindorama	1 UASB em paralelo e cloração
Riacho Doce	2 UASB em paralelo e cloração
Zeza / tijolo	1 UASB e cloração
Lago Azul	2 UASB em paralelo e cloração
Lagoa do Zeza	1 UASB e cloração
Sítio Santana	1 UASB e cloração
Conj. Hab. Sumaré	1 UASB e cloração
Conj. Fluminense	1 LA, 1 LF e 1LM, em série
Conj. Palmeiras II	1 LA, 1 LF e 2LM, em série
Conj. Tupã-Mirim	1 LF aerada, 1 LF, e 2 LM em série
Conj. Hab. Jereissati	1 LA, 1 LF e LM em série
Conj Almirante Tamandaré	1 LA, 1 LF e 2 LM em série
Conj. Ceará 4ª Etapa	3 LF em paralelo
Conj Jereissati III	1 LF
Conj. João Paulo II	1 LF
Conj. São Cristovão	1 LA, 1 LF e 2 LM em série
Conj. Tancredo Neves	1 LA
Conj. Esperança	1 LA
Conj. José Walter III	1 LA e 2 LM em série
Lagamar	Lagoas de Estabilização
TCM	UASB+FSA

Fonte: CAGECE, 2016.

Tabela 5 – Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto - Continuação

<b>Nome do Sistema</b>	<b>Descrição da ETE</b>
Centro de Eventos	UASB+FSA
Castelão	UASB+FSA
Itaperussu	Lagoa Anaeróbia
Rosa de Luxemburgo	UASB
Paupina	UASB
Rosalina	UASB
Pajuçara	UASB
Marechal Rondon	Lagoa de Estabilização

Fonte: CAGECE, 2016.

Das estações apresentadas acima, foram obtidas informações físico-químicas de 34 (trinta e quatro) ETEs, sendo estas: Castelão, São Miguel, Itaperussu, Centro de Eventos, Dias Macedo, Riacho Doce, Pindorama, Sítio Santana, Itaperí, Novo Mondubim II, Conj José Walter III, Novo Barroso, Pajuçara, Paupina, Pôr do Sol, Rosalina, Rosa de Luxemburgo, Aracapé. Curió, Lago Azul, TCM, Jereissati III, Conj Esperança, Pq Fluminense, Tupãmirim, Mal Rondon, Lagamar, Conj. São Cristovão, Conj Palmeiras, Conj Ceará, João Paulo II, SIDI. Os dados obtidos das ETEs mencionadas foram: pH, DQO Tratada, DQO Filtrada (para Lagoas de Estabilização), SST, E. Coli e Cloro Residual.

Ressalta-se que as ETEs com tecnologia de Decanto-Digestor não foram analisadas nesse trabalho por considerar que as mesmas não conseguem atender aos padrões de reúso nem mesmo aos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos.

No momento da análise dos dados houve um impasse no tocante aos dados de demanda de oxigênio. Conforme apresentado na metodologia, os padrões de referência de reúso urbano utilizam como parâmetro de Demanda de Oxigênio a DBO, já os dados físico-químicos das ETEs estudadas dispõem apenas da DQO, esse fato se deve à simplicidade e duração do ensaio de DQO quando comparado com a DBO. Para equalizar esses dois dados recorreu-se à literatura afim de se compatibilizar os valores de DQO em termos de DBO.

Segundo Von Sperling (2005, p. 95),

A relação DQO/DBO varia também à medida que o esgoto passa pelas diversas unidades da estação de tratamento. A tendência para a relação é de aumentar, devido à redução paulatina da fração biodegradável, ao passo que a fração inerte permanece aproximadamente inalterada. Assim, o efluente final do tratamento biológico possui valores da relação DQO/DBO usualmente superiores a 2,5. Quanto maior a eficiência do tratamento na remoção da matéria orgânica biodegradável, maior esta relação, que pode chegar a 4,0 ou 5,0.

Nesse contexto foi adotado a relação de  $DQO/DBO \cong 4$  para os efluentes tratados. Tal relação é vital para poder se compara os valores de DQO dos efluentes da ETE com os padrões de reúso que utilizam o indicador DBO. Dessa forma, através da relação adotada é possível comparar os padrões de DBO máximos permitidos para reúso com os valores de DQO dos efluentes gerados nas ETE's.

#### **4.4 Estimativa das vazões das ETES**

Como se sabe, é de fundamental importância o conhecimento do valor da vazão das ETES analisadas para que seja possível avaliar o Potencial de Reúso das mesmas, tendo em vista que o potencial de reúso está ligado com a quantidade de efluente disponível. Para obtenção dos dados de vazão das ETES foi feito contato com a CAGECE, todavia a Companhia informou que não tinha as informações de vazões de todas as ETES no seu banco de dados. Dessa forma, para que se obtivesse a vazão das ETES que não tinham tal informação cadastrada pela CAGECE, foi necessário estimar a vazão através da análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Fortaleza (2014).

Observando o PMSB de Fortaleza, nota-se que foi elaborado um estudo sobre a cobertura de esgotamento sanitário de cada ETE. Dessa forma, o estudo prevê a quantidade de habitantes que destina os esgotos para as respectivas estações de tratamento de esgoto de Fortaleza. Além dessa informação, o estudo também define as Contribuições Per Capita de Esgoto para cada Sub Bacia de Esgotamento de Fortaleza. Com essas duas informações é possível calcular uma vazão média aproximada de todas as estações de tratamento de esgoto de Fortaleza. Nesse trabalho, serão calculadas apenas as vazões das ETE's que não foram calculadas ainda pela CAGECE.

Para o cálculo das vazões de esgoto foi utilizado à seguinte equação de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2014):

$$Q_{med} = \frac{P \times C}{86400} + I \times L$$

Em que:

Q<sub>med</sub>= Vazão Média (L/s)

P= População (habitantes)

C= Contribuição Per Capita de Esgoto (L x hab / dia)

I = Taxa de Infiltração Linear, adotada igual a 0,25 L/s x km

L = Comprimento da rede coletora em Km

Para a determinação do comprimento da rede coletora, no horizonte de planejamento das Bacias de Esgotamento inseridas no município de Fortaleza, foi adotada a premissa de que a rede coletora de esgoto possui uma extensão equivalente a 80% do comprimento da rede de água da região. Esta premissa é equivalente a um índice médio de 160m de rede coletora de esgoto por hectare, compatível com o valor adotado pela Cagece em seus prognósticos (FORTALEZA, 2014).

#### **4.5 Seleção das ETEs e dos padrões de reúso urbano**

Embora já exista uma legislação sobre reúso de água não potável no Ceará, Lei 16.033/2016, observa-se que ainda não foram determinados os parâmetros para a prática de reúso, ressaltando que a referida legislação afirma que tais padrões devem ser criados.

Na ausência de regulamentação local para utilização de água para reúso, foi adotado nessa pesquisa parâmetros propostos pela literatura. Nesse sentido, é apresentado nas tabelas 6 e 7 os usos e respectivos parâmetros propostos pelo PROSAB e USEPA para Reúso Urbano em diversos fins de utilização da água de reúso.

Tabela 6 – Requisitos de qualidade para água de reúso urbano de acordo com os padrões propostos pelo PROSAB

UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE REÚSO	CTer	DBO	pH	SST	Cloro Residual
	(NMP/100ml)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)
LIMPEZA PÚBLICA	≤ 200	≤ 25	6 a 9	< 35	2 a 6
COMPACTAÇÃO DO SOLO E USOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	≤ 200	≤ 25	6 a 9	≤ 30	≥ 1
IRRIGAÇÃO URBANA GERAL	≤ 200	≤ 25	6 a 9	≤ 45	≥ 1

Fonte: PROSAB, 2006

Tabela 7 – Diretrizes da USEPA para usos urbanos de esgotos sanitários

UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE REÚSO	CTer	DBO	pH	SST	Cloro Residual
	(NMP/100ml)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)
Usos Urbanos Irrestritos (Irrigação de campos de esporte, parques, jardins e cemitérios). Usos ornamentais e paisagísticos com acesso irrestrito ao público. Combate a incêndios, lavagem de veículos e limpeza de ruas.	≤ 14	≤ 10	6 a 9	< 5	≥ 1
Usos Urbanos Restritos (Irrigação de parques, canteiro de rodovias). Usos ornamentais e paisagísticos com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeiras, usos na construção (compactação do solo, argamassa e concreto)	≤ 200	≤ 30	6 a 9	≤ 30	≥ 1

Fonte: USEPA, 2004



Conforme pode ser observado acima, cada padrão possui formas específicas de utilização da água de reúso requerendo, portanto, efluentes com características distintas. Alguns padrões exigem efluentes de melhores qualidades, enquanto outros não. O que define a escolha das categorias apresentadas acima é o grau de restrição de acesso ao público (controle da exposição) e, conseqüentemente, as exigências de tratamento e o padrão de qualidade de efluentes. As exigências de remoção de matéria orgânica (DBO) e sólidos (SST), dependendo do tipo de uso, são justificadas em termos de inconvenientes estéticos (aparência, maus odores), disponibilidade de nutrientes para o crescimento microbiano e comprometimento da desinfecção. Os coliformes servem de indicadores da eficiência de desinfecção.

Diante do exposto, foi avaliado qual dos usos citados podem ser aplicados em Fortaleza-CE, tendo em vista a realidade do município e a qualidade dos efluentes tratados nas ETEs. Para tal, foi feita uma análise para se definir qual dos padrões, com seus respectivos usos, está ao alcance das ETEs estudadas na situação presente, pois não seria viável adotar um padrão de reúso com elevado rigor mas que estivesse totalmente fora de realidade e, portanto, nenhuma ETE conseguisse atendê-lo, sendo necessário alteração em todas as estações para atendimento dos parâmetros. Por conta disso foi analisado os diferentes tipos de usos urbanos para a água de reúso e seus respectivos parâmetros propostos pela literatura e visto quais destes são viáveis para a realidade das ETES analisadas.

Com relação à divisão das ETE's em classes foi feita da seguinte maneira:

- Classe A: ETE's que geram efluentes que atendem aos padrões adotados e já podem implantar o reúso urbano;

- Classe B: ETE's que atendem aos padrões adotados nos seguintes itens: DBO/DQO e Coliformes. Nessa categoria, estão classificadas as ETEs cujo tratamento está bem próximo de atingir a todos os padrões, portanto, subentende-se que essas ETEs não necessitam de alteração tecnológica de tratamento;

- Classe C: ETE's que atenderam pelo menos ao valor de DBO/DQO de acordo com os padrões adotados. As ETEs que estão agrupadas na classe C, necessitam de adicional no seu tratamento para garantir o atendimento aos padrões de reúso;

- Classe D: Nessa categoria estão as ETEs que não atendem aos parâmetros de DBO/DQO.

As análises dos efluentes das ETEs foram referente aos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 2016.

#### **4.6 Potencial de reúso urbano dos efluentes gerados**

Considerando a classificação das ETEs que foi feita no item anterior, será determinado o potencial de reúso dos efluentes considerando intervalos de tempos, sendo estes: Potencial imediato de reúso, a curto, médio e longo prazo.

A opção de dividir o potencial em intervalos de tempos se justifica pela facilidade de compreender quais ETEs estão mais próximas de terem a implantação de reúso e quais apresentam maiores dificuldades. Ainda mais, essa metodologia auxilia a pesquisadores, administradores e gestores públicos no prosseguimento dessa pesquisa, de forma avaliar os custos, logística e todo o planejamento para implantação do reúso em prazos predefinidos.

O método proposto para definir o potencial de reúso em intervalos de tempo se dará da seguinte maneira:

- a. Potencial Imediato: Soma das Vazões das ETEs da Classe A;
- b. Potencial em Curto Prazo: Soma das Vazões das ETEs Classe A e B;
- c. Potencial em Médio Prazo: Soma das Vazões das ETEs Classe A, B e C;
- d. Potencial em Longo Prazo: Soma das Vazões das ETEs de todas as Classes (A, B, C e D), somando-se também com a vazão da EPC.

Com relação aos períodos de tempo de cada prazo apresentado acima, observa-se que esses valores poderão ser melhor descritos após elaboração de um plano de implantação de reúso de água de Fortaleza-CE, onde deverá ser feito um diagnóstico minucioso das ETES, elaboração dos novos projetos e planejamento de todas etapas envolvidas com cronograma. Todavia, nessa pesquisa será adotado os intervalos utilizadas pela própria CAGECE, com recomendação da Fundação Nacional do Saneamento (FUNASA), sendo estes:

- Imediato - Período Atual;
- Curto Prazo - Intervalo de tempo para os 5 próximos anos;
- Médio Prazo - Intervalo de tempo para os 10 próximos anos;
- Longo Prazo - Intervalo de tempo para os 20 próximos anos.

#### **4.7 Levantamento de Possíveis Consumidores da água de reúso**

Foi realizada uma pesquisa com alguns órgãos públicos municipais sobre a possibilidade de se utilizar a água de reúso nesses órgãos. Os órgãos consultados foram os seguintes: SEUMA, EMLURB e as Secretarias Regionais da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Nessa etapa, foram levantadas as seguintes informações:

- a. Interesse em participar de um sistema de reúso de água;
- b. Quais os usos da água no órgão;
- c. Volume aproximado de água utilizada;
- d. Fonte de água que abastece o órgão;
- e. Custos associados com o transporte e consumo da água.

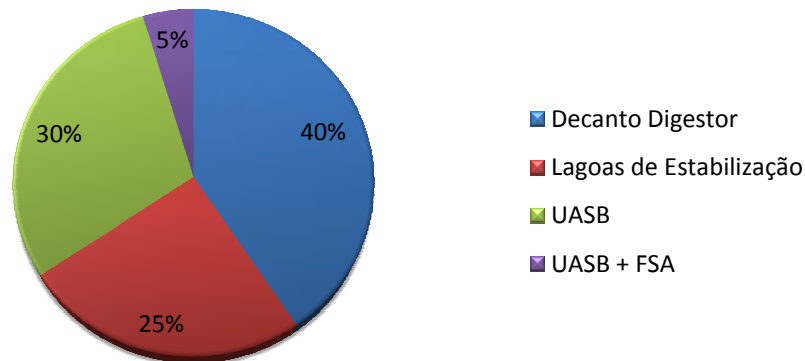
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Panorama do sistema de tratamento de esgoto doméstico de Fortaleza

De acordo com os dados mostrados na metodologia, observa-se que o sistema público de tratamento de esgoto doméstico de Fortaleza é composto por 64 Estações de Tratamento de Esgoto Domésticos e 1 Estação de Pré-Condicionamento, todas operadas pela CAGECE.

Com relação a divisão das ETEs em função das tecnologias de tratamento, nota-se o seguinte resultado: 26 ETEs são compostas por Decanto Digestor, 16 tem tratamento por Lagoas de Estabilização, 19 tem tratamento apenas por UASB e 3 possuem Sistema UASB seguido de Filtro Submerso Aerado. A Figura 12 mostra a divisão por tecnologias das ETES Domésticos de Fortaleza operadas pela CAGECE.

Figura 12 – Divisão das ETES por tecnologia de tratamento



Fonte: Fortaleza (2014).

Através da figura acima verifica-se que 40% das ETEs possuem tratamento através de Decanto-Digestor. Nas estações do tipo Decanto-Digestor, apesar de bastante utilizado, o tratamento não atende a atual legislação ambiental (Portaria nº 154/2002 da SEMACE, Alterada pela COEMA 02/2017). Essas ETEs precisam passar por readequações de forma a atingir os parâmetros exigidos em lei. Este atendimento é fator condicionante para o licenciamento ambiental das estações, por conta disso, essas ETEs operam sem licença.

Com relação à eficiência de tratamento das ETES, a tabela 8 mostra a ETES que atingiram a meta nas análises físico-químicas de acordo com a Portaria 154/2002 da SEMACE (Alterada pela COEMA 02/2017) nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 2016.

Tabela 8 – Relação dos sistemas isolados de tratamento de esgoto que atenderam aos padrões de lançamento da portaria 154/2002 da SEMACE nos meses de janeiro à abril de 2016

<b>Janeiro/2016</b>	<b>Fevereiro/2016</b>	<b>Março/2016</b>	<b>Abril/2016</b>
ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Castelão (UASB+FSA)
ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE Centro de Eventos (UASB+FSA)	ETE Dias Macedo (UASB)
ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE MAL Rondon (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE Sítio Santana (UASB)
	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)
	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT) ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)

Fonte: CAGECE, 2016.

Legenda: FSA - Filtro Submerso Aerado; LAG FAC + MAT - Lagoa Facultativa seguida de Lagoa de Maturação; LAG ANA + FAC + MAT - Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação

Observa-se que o panorama das ETES Doméstico operadas pela CAGECE é preocupante. Considerando que existem 64 ETES Doméstico operadas pela companhia, nota-se através da tabela acima que em Janeiro (4,7%), Fevereiro (7,8%), Março (7,8%) e Abril (9,4%) das ETES conseguiram atender aos padrões de lançamento. Dessa forma, nos 4 (quatro) meses analisados, verificou-se que menos de 10% das ETES doméstico operadas pela CAGECE conseguiu atingir os padrões de lançamento dos efluentes em recursos hídricos.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2014), existem vários problemas atualmente nas ETES de Fortaleza. Nas estações do tipo Reator UASB os principais problemas encontrados diagnosticados foram: Ausência de Gradeamento no Tratamento Preliminar, Reatores em PRFV danificados (péssima qualidade do material), Ausência de Desinfecção no pós-tratamento, Filtro Submerso Aerado colmatado, Tanque de Contato em péssimo estado de Conservação, Reator em Péssimo Estado de Conversação, Equipamento de cloração sem funcionar, Reatores em anéis de Concreto danificados (problemas de projeto e execução), Saída do efluente com bastante espuma, Ausência de tampas nos mais diversos dispositivos da Estação e ETE funcionando no By-pass com cloração. Já nas ETES que possuem Lagoa de Estabilização os principais problemas encontrados foram: Saída do Efluente com bastante Escuma, Falta de tratamento preliminar, Lagoas Assoreadas, gradeamento e caixa de areia afogados e vários vazamentos ao longo do talude das Lagoas com presença de Lixo, ratos e etc.

## **5.2 Vazão de efluente gerado nas ETES**

De acordo com o que foi descrito na metodologia, algumas ETES tem vazão cadastradas pela CAGECE, mas a grande maioria não. Por isso, teve de ser feito um cálculo de vazão estimada, o qual foi apresentado na metodologia. O valor das vazões das ETES está apresentado na tabela 9.

Tabela 9 – Vazão das ETES doméstico de Fortaleza-CE

<b>Sistema</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Contribuição Per Capita de Esgoto (L / hab x dia)</b>	<b>Comprimento da Rede Coletora (Km)</b>	<b>Vazão Média (L/s)</b>
Conj. Renascer				3,2*
Conj. Nova Vida	ND	ND	ND	ND
Conj. Pequeno Mondubim				5,2*
Conj. Sumaré	2751	226,27	3,46	8,07
Conj. Luciano Cavalcante				2,6*
Passaré				0,6*
Fernando de Noronha				1,3*
Alto Alegre (Messejana)				0,1*
Sítio São João				8,6*
Conj. Almirante Tamandaré I	2676	112,63	4,07	4,51
Bandeirantes				0,5*
Guajerú				1,4*
Sítio Córrego				3,1*
Soares Moreno				2,0*
Marcos Freire				9,7*
Conj. Da PM - Messejana				0,4*
Nova Descoberta				0,8*
8 de Setembro				3,9*
Planalto Pici	ND	ND	ND	ND
Jardim União I				4,3*
Unidos Venceremos				4,9*
Sítio Estrela				4,2*
Ipaumirim				2,7*
Chico Mendes 3				0,3*
São José da Paupina				1,1*
24 de Março				0,9*

Fonte: CAGECE, 2016.

Legenda: ND - Não Definido; \* Valor cedido pela CAGECE

Tabela 9 – Vazão das ETEs doméstico de Fortaleza-CE - Continuação.

<b>Sistema</b>	<b>População (hab)</b>	<b>CPC (L / hab x dia)</b>	<b>Comprimento da Rede (Km)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
Res. Santa Helena				7,2*
Conj Por-do-Sol				4,1*
Aracapé III				7,8*
Curió I	3461	100,29	0,59	4,16
Curió II	3461	118,31	9,74	7,17
Dias Macedo	835	111,13	0,58	1,22
Itaperí I	390	111,05	0,2	0,55
Novo Barroso II				6,9*
Novo Mondubim II	614	226,27	0,45	1,72
Pindorama	1477	55,73	0,55	1,09
Riacho Doce	1728	53,96	0,85	1,29
Zeza / tijolo				3,9*
Lago Azul	ND	ND	ND	ND
Lagoa do Zeza	949,00	177,92	0,98	2,20
Sítio Santana	2476,00	177,92	1,77	5,54
Conj. Hab. Sumaré	ND	ND	ND	ND
Conj. Fluminense				8,5*
Conj. Palmeiras				36,5*
Conj. TupãMirim				8,4*
Conj. Hab. Jereissati				15,0*
Conj Almirante Tamandaré				4,3*
Conj. Ceará 4ª Etapa				92,1*
Conj Jereissati III				15,6*
Conj. João Paulo II				12,3*
Conj. São Cristovão				33,4*
Conj. Tancredo Neves				23,4*
Conj. Esperança				27,7*
Conj. José Walter III				84,0*
Lagamar	17189,00	177,92	10,17	37,94

Fonte: CAGECE, 2016.

Legenda: ND - Não Definido; \* Valor cedido pela CAGECE



Tabela 9 – Vazão das ETEs doméstico de Fortaleza-CE - Continuação.

<b>Sistema</b>	<b>População (hab)</b>	<b>CPC (L / hab x dia)</b>	<b>Comprimento da Rede (Km)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
TCM	ND	ND	ND	ND
Centro de Eventos				5,85*
Castelão	ND	ND	ND	ND
Itaperussu	398,00	36,22	0,38	0,26
Rosa de Luxemburgo	90,00	34,07	0,17	0,08
Paupina	2516,00	118,31	4,96	4,69
Rosalina	659,00	62,91	0,92	0,71
Pajuçara	ND	ND	ND	ND
Marechal Rondon	ND	ND	ND	ND

Fonte: CAGECE, 2016.

Legenda: ND - Não Definido; \* Valor cedido pela CAGECE

De acordo com a tabela acima, é possível notar que 8 (oito) estações de tratamento não apresentaram os valores da vazões nem pelo cadastro da CAGECE, nem pelo método de cálculo apresentado através dos dados do PMSB de Fortaleza, sendo as ETEs: Conj Nova Vida, Planalto Pici, Lago Azul, Conjunto Habitacional Sumaré, TCM, Castelão, Pajuçara e Marechal Rondon

Analisando os dados acima, observa-se que a soma das vazões da ETEs é 539,95 L/s, desconsiderando nessa soma as 8 ETEs que não possuem dados sobre vazão. Somando-se a vazão das ETEs e da EPC tem-se uma vazão de aproximadamente 3.039,95 L/s. Dessa forma, considerando todas as estações de tratamento e a EPC, trata-se diariamente um valor de aproximadamente 262.651,7 m<sup>3</sup> de esgoto. Todo esse efluente é lançado em corpos hídricos, sendo a maior parcela destinada ao mar através do emissário submarino de Fortaleza. Ressalta-se que o valor apresentado é estimado e que não está contabilizado a vazão de 8 ETEs, dessa forma adota-se a hipótese de que o volume tratado seja superior ao calculado.

### 5.3 Análise dos usos dos efluentes tratados

Conforme citado na metodologia, ainda não existem padrões de reúso urbano para o município de Fortaleza-CE. Por conta disso, optou-se em utilizar os parâmetros de referência da literatura para os seguintes usos: Limpeza Pública (PROSAB, 2006), Compactação do Solo e Usos na Construção Civil (PROSAB, 2006), Irrigação Urbana Geral (PROSAB, 2006), Irrigação

Urbana Irrestrita (USEPA, 2004), Irrigação Urbana Restrita (USEPA, 2004). Analisando tais padrões, nota-se que, para os diferentes tipos de usos da água de reúso urbano, exige-se diferentes características de efluente tratado. Nesse contexto, foi avaliado qual dos modelos se adapta melhor ao efluente das ETES estudadas afim de se adotar 1 (um) padrão de referência que esteja ao alcance das Estações.

Diante do exposto, foi avaliado quantos parâmetros foram atendidos pelas ETES em relação a cada padrão de referência apresentado na metodologia. Os parâmetros analisados foram: pH, DQO, E.Coli, SST e Cloro Residual. Ressalta-se que, conforme apresentado na metodologia, os parâmetros de referência de reúso urbano utilizam como parâmetro de Demanda de Oxigênio a DBO, já os dados físico-químicos das ETES estudadas dispõem apenas da DQO. Para equalizar essa questão foi adotado a relação de  $DQO/DBO \cong 4$  para os efluentes tratados, conforme indicado por Von Sperling (2005, p. 95).

Os meses de análise, conforme citado na metodologia, foram: Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 2016. Os Resultados podem ser observados na tabela 10.

Tabela 10– Análise da quantidade de parâmetros atendidos pelas ETES diante dos diferentes padrões dos usos urbanos

<b>Mês</b>	<b>Usos da água de Reúso Urbano</b>	<b>Irrigação Urbana Irrestrita (USEPA, 2004)</b>	<b>Irrigação Urbana Restrita (USEPA, 2004)</b>	<b>Limpeza Pública (PROSAB, 2006)</b>	<b>Compactação do Solo e Controle de Poeira (PROSAB, 2006)</b>	<b>Irrigação Urbana Geral (PROSAB, 2006)</b>
<b>Janeiro</b>	Nº de ETES que não atenderam a nenhum parâmetro	7	6	12	6	6
	Nº de ETES que atenderam a 1 (um) parâmetro	22	13	15	15	14
	Nº de ETES que atenderam a 2 (dois) parâmetros	5	15	7	13	13
	Nº de ETES que atenderam a 3 (três) parâmetros	-	-	-	-	1
	Nº de ETES que atenderam a 4 (quatro) parâmetros	-	-	-	-	-
	Nº de ETES que atenderam a 5 (cinco) parâmetros	-	-	-	-	-
<b>Fevereiro</b>	Nº de ETES que não atenderam a nenhum parâmetro	1	1	1	1	1
	Nº de ETES que atenderam a 1 (um) parâmetro	14	1	13	6	6
	Nº de ETES que atenderam a 2 (dois) parâmetros	16	15	13	19	19
	Nº de ETES que atenderam a 3 (três) parâmetros	3	11	6	7	6
	Nº de ETES que atenderam a 4 (quatro) parâmetros	-	6	1	1	2
	Nº de ETES que atenderam a 5 (cinco) parâmetros	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2016.

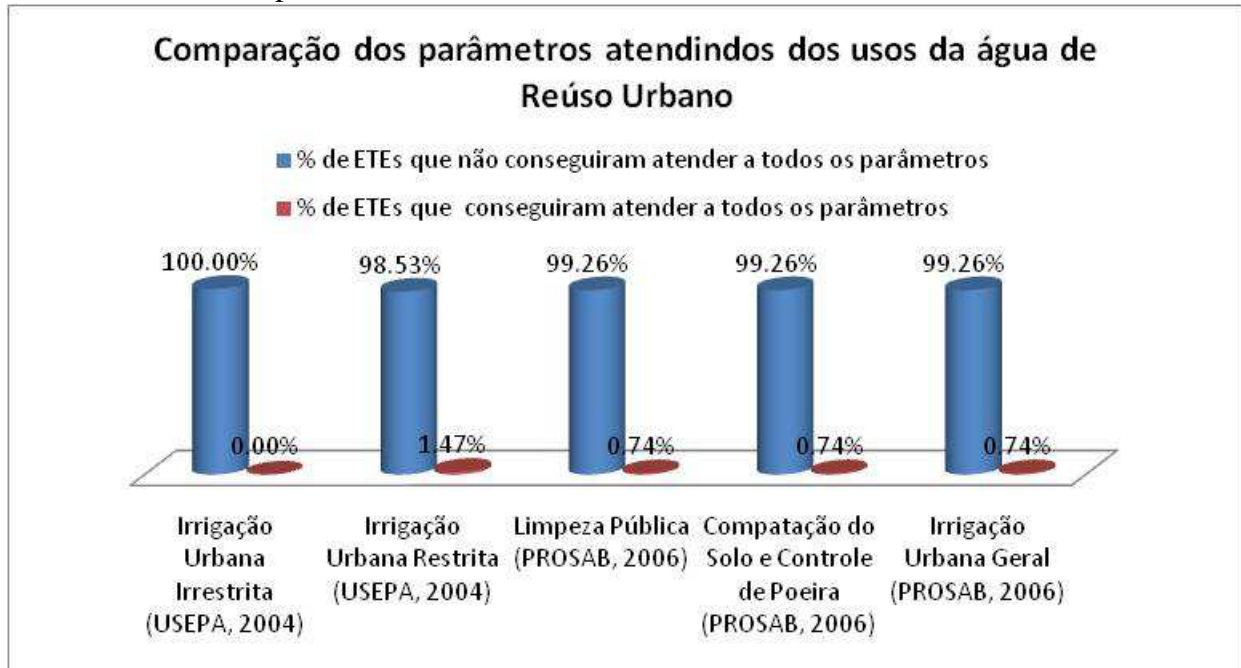
Tabela 10 – Tabela 10– Análise da quantidade de parâmetros atendidos pelas ETES diante dos diferentes padrões dos usos urbanos (Continuação)

<b>Mês</b>	<b>Usos da água de Reúso Urbano</b>	<b>Irrigação Urbana Irrestrita (USEPA, 2004)</b>	<b>Irrigação Urbana Restrita (USEPA, 2004)</b>	<b>Limpeza Pública (PROSAB, 2006)</b>	<b>Compactação do Solo e Controle de Poeira (PROSAB, 2006)</b>	<b>Irrigação Urbana Geral (PROSAB, 2006)</b>
<b>Março</b>	Nº de ETES que não atenderam a nenhum parâmetro	1	1	1	1	1
	Nº de ETES que atenderam a 1 (um) parâmetro	15	4	11	7	7
	Nº de ETES que atenderam a 2 (dois) parâmetros	10	14	10	14	13
	Nº de ETES que atenderam a 3 (três) parâmetros	8	6	10	10	11
	Nº de ETES que atenderam a 4 (quatro) parâmetros	-	8	1	1	1
	Nº de ETES que atenderam a 5 (cinco) parâmetros	-	1	1	1	1
<b>Abril</b>	Nº de ETES que não atenderam a nenhum parâmetro	3	1	1	1	1
	Nº de ETES que atenderam a 1 (um) parâmetro	15	10	10	10	9
	Nº de ETES que atenderam a 2 (dois) parâmetros	13	10	12	12	13
	Nº de ETES que atenderam a 3 (três) parâmetros	3	5	9	9	9
	Nº de ETES que atenderam a 4 (quatro) parâmetros	-	7	2	2	2
	Nº de ETES que atenderam a 5 (cinco) parâmetros	-	1	-	-	-

Fonte: Autor, 2016.

Através dos dados apresentados acima foi feita uma média entre os meses analisados, Janeiro à Abril de 2016, afim de se avaliar qual dos tipos de uso de reúso urbano estavam ao alcance dos efluentes gerados pelas ETEs. A Figura 13 mostra o resultado dessa análise.

Figura 13 – Porcentagem de ETES que atenderam aos parâmetros dos diferentes tipos de usos urbanos entre os meses de Janeiro à Abril de 2016



Fonte: Fortaleza (2014).

De acordo com a figura acima, observa-se que a forma de uso se adequa melhor às características dos efluentes das ETEs estudadas é a utilização da água em irrigação urbana Restrita com os padrões propostos pela USEPA (2004), onde, em média, 1,47% das ETES analisadas conseguiram atender a todos os parâmetros dessa modalidade de reúso e estão aptas a reutilizarem seus efluentes já que atendem aos padrões mínimos dos efluentes. Através da figura nota-se também que o uso da água para irrigação urbana irrestrita não consegue ser alcançado pelas ETEs atualmente, devido ao elevado rigor dos parâmetros mínimos dessa forma de uso. Dessa forma, esse tipo de uso é inviável para os efluentes das ETEs atualmente. As demais formas de uso: limpeza pública; compactação do solo e irrigação urbana geral, apresentaram os mesmos valores de atendimento dos padrões e menos de 1% das ETES analisadas conseguiram atender aos parâmetros exigidos para o uso dos efluentes nessas modalidades.

Dessa forma, conclui-se que a melhor forma de uso para os efluentes tratados das ETEs domésticas de Fortaleza-CE operadas pela CAGECE, tendo em vista o atendimento aos parâmetros mínimos para reúso é a Irrigação Urbana Restrita. Assim, esse trabalho adotará os

parâmetros de referência propostos pela USEPA 2004 para Irrigação Urbana Restrita o qual engloba os seguintes usos: Irrigação de parques, canteiro de rodovias, Usos ornamentais e paisagísticos com acesso controlado os restrito ao público, abatimento de poeiras, usos na construção (compactação do solo, argamassa e concreto).

#### **5.4 Classificação das ETES**

As ETES foram separadas em classes (A, B, C e D), conforme descrito na metodologia. As Estações classe A já estão aptas a implantar o reúso, já as Estações classe B atendem, no mínimo, os requisitos de DBO/DQO e Coliformes, do padrão de referência adotado. Essas ETES geralmente não atendem ao valores de SST e ocasionalmente a pH e Cloro Residual. Tais estações foram agrupadas nessa classe por estarem próxima de alcançarem a todos os padrões. Para tal, é necessário que haja alterações nessas Estações, todavia, salienta-se que não é necessário alterar a tecnologia de tratamento, já que estas atendem aos principais parâmetros, sendo necessário apenas a inclusão de sedimentadores ou unidades de correção para atendimento pleno dos padrões adotados.

As ETES Classe C atendem apenas aos padrões de DBO/DQO do padrão de referência adotado. Para essas ETES, recomenda-se a construção de uma unidade de complemento para o tratamento de esgoto visando a redução de Coliformes e SST. Para tal, pode ser construído filtros de areia, sedimentadores e unidades de correção de pH, caso a ETE também não atenda a este parâmetro.

Com relação às ETES Classe D, nessa categoria estão as ETES que não atendem aos parâmetros de DBO, e, geralmente, não atendem também a Coliformes e SST. Essas ETES possuem tecnologia de tratamento ultrapassada ou até tecnologias recentes, mas que por erros técnicos (projetos e/ou execução), estão em desacordo até mesmo com as normas vigentes para lançamento do efluente em corpos hídricos. Assim, propõe-se que para as ETES nessa classe, que geralmente são de tecnologia decanto-digestor, uma readequação total da ETE com interrupção do funcionamento da mesma e construção de uma nova Estação. Ressalta-se que a Estação de Pré-Condicionamento foi enquadrada como Estação Classe D, por não ser de fato, uma estação de tratamento de esgoto biológico, como se sabe, a EPC faz a remoção dos sólidos grosseiros e equaliza a vazão para lançamento do efluente no corpo receptor (mar). Nesse contexto, considerou-se a EPC no planejamento de reúso a Longo Prazo, tendo em vista que será necessário a construção de uma nova ETE para que haja reúso dos efluentes.

Como as análises foram feitas em 4 (quatro) meses, foi observado que algumas estações oscilavam entre as classes. Tal fato pode ter ocorrido por conta de problemas em manutenção e operação dessas estações. Dessa forma, foi avaliado qual a melhor classificação que a ETE conseguiu alcançar durante os 4 (quatro) meses, pressupondo que é possível alcançar a melhor classificação frequentemente caso haja uma boa operação do sistema.

A tabela 11 mostra os resultados das classificação das estações durante o período de estudo.

Tabela 11 – Seleção das ETES em Classes

ETE	SISTEMA	Classe da ETE				Melhor Classificação
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	
Castelão (Boa Vista)	UASB + FSA	C	B	B	B	B
S. Miguel	UASB	D	D	D	D	D
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	D	D	D	D	D
Centro de Eventos	UASB + FSA	C	D	A	C	A
Dias Macedo	UASB	D	D	D	A	A
Riacho Doce	UASB	D	D	D	D	D
Pindorama	UASB	D	D	D	D	D
Sítio Santana	UASB	D	D	D	C	C
Itaperí	UASB	D	D	D	D	D
Novo Mondubim II	UASB	D	D	D	D	D
Conjunto José Walter III	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	D	C	C	C	C
Novo Barroso	UASB	D	D	D	A	A
Pajuçara	UASB	D	D	D	D	D
Paupina	UASB	D	D	D	D	D
Pôr do sol	UASB	D	D	D	D	D
Rosalina	UASB	D	D	D	D	D
Rosa de Luxemburgo	UASB	D	D	D	D	D
Aracapé III	UASB	D	D	D	D	D
Curió I e II	UASB	D	D	D	D	D
Lago Azul	UASB	D	D	D	D	D
TCM	UASB + FSA	C	D	D	C	C
Zeza tijolo	UASB	D	D	D	D	D
Lagoa da Zeza	UASB	D	D	D	D	D
Jereissati III	LAG FAC	C	C	C	C	C
Conj. Esperança	LAG FAC	C	C	C	C	C
Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	C	C	C	C	C
Tupãmirim	LAG FAC + MAT	C	C	C	C	C
Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	C	D	C	C	C
Lagamar	LAG FAC	C	C	C	C	C
Cj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	D	C	D	D	C
Cj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	D	B	C	C	B
Cj. Ceará	LAG FAC	C	C	C	C	C
João Paulo II	LAG FAC	C	C	C	C	C
SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	D	D	B	C	B

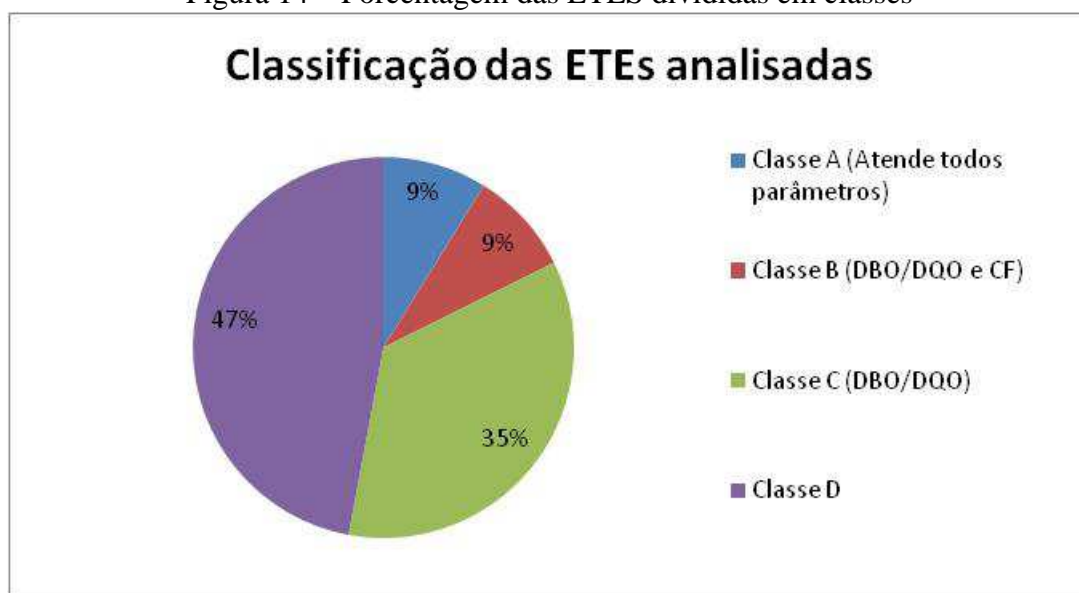
Fonte: Autor, 2016



Analisando a tabela acima, observa-se que das 34 (trinta e quatro) ETEs estudadas, 3 (três) foram classificadas como classe A, ou seja, poderiam implantar reúso dos seus efluentes de maneira imediata, pois estes atendem a todos os padrões adotados. Ressalta-se que nesse trabalho foram adotados os padrões da USEPA para irrigação restrita, tendo em vista que esse tipo de uso urbano é o mais adequados para a realidade das ETEs estudadas.

Com relação às ETEs agrupadas na respectivas classes, pode ser observado que a grande maioria das estações não permaneceram na mesma classe durante os 4 (quatro) meses estudados, todavia adotou-se a seguinte hipótese: Caso a ETE se enquadre em uma classes superior em um dos meses analisados, é possível que esta estação permaneça nessa classe superior de maneira frequente caso haja operação e manutenção adequada na referida estação. A Figura 14 mostra as porcentagens das ETES divididas em Classe.

Figura 14 – Porcentagem das ETES divididas em classes



Fonte: Autor, 2016

Através da figura acima nota-se que 47% das ETEs analisadas estão agrupadas na classe D, ou seja, não atendem aos parâmetros de DBO/DQO para reúso urbano restrito. Ressalta-se que esse valor poderia ser ainda maior se fosse considerado as 26 (vinte e seis) ETEs compostas por Decanto Digestor, pois, como se sabe, tal tecnologia de tratamento é ineficiente até mesmo para alcançar os padrões de lançamento de efluentes (Portaria 154/2002 SEMACE revogada pela Resolução 02/2017 COEMA).

Com relação às Estações agrupadas na classe A, destaca-se que todas estas possuem a mesma tecnologia de tratamento: Reator UASB. Considerando que o sistema de tratamento adotado no município é composto basicamente pelas tecnologias: Reator UASB, Lagoas de

Estabilização e Decanto-Digestor, verifica-se no trabalho que as eficiência de tratamento das ETEs analisadas estão em conformidade com a literatura, e, o sistema de tratamento com melhor rendimento dentre os 3 (três) sistemas estudados foi o reator UASB.

Destaca-se ainda que a variação na classificação das ETEs ao longo dos meses estudados pode ser explicado pelo problema de operação nas mesmas. Analisando-se a ETE Dias Macedo, por exemplo, verifica-se que a mesma foi classificada como ETE Classe D nos 3 (três) meses iniciais de análise e em seguida foi classificada como ETE Classe A. Para se ter idéia, essa ETE registrou uma DQO efluente de 649 mg/L no mês de Março (ver anexo I), já no mês de abril a DQO efluente foi de 40,80 mg/L (ver anexo I), ou seja, uma variação de mais de 93% do valor inicial. Esse fato comprova o sério problema da CAGECE com a operação dos sistemas, os quais não apresentam consistência ao longo do tempo, apresentando oscilações descomuns em curtos períodos de tempo.

### **5.5 Potencial de reúso urbano**

O Potencial de reúso de água das ETE's é definido, basicamente, na soma vazões das respectivas ETE's. Dessa forma, o Potencial total das ETEs de Fortaleza atualmente seria de aproximadamente 262.651,7 m<sup>3</sup>, considerando o esgoto das ETEs e da EPC.

De acordo com o que foi apresentado na metodologia, o potencial de reúso de água será apresentado em prazo imediato, curto, médio e longo. Conforme descrito, o potencial imediato é a soma das vazões das ETEs Classe A, curto prazo é a soma das vazões das ETEs Classe A e B, médio prazo é a soma das vazões das ETEs Classe A, B e C e a longo prazo será a soma das vazões de todas as ETEs e da EPC.

A Tabela 12 mostra o potencial de reúso das ETEs de acordo com os prazos, conforme citado.

Tabela 12 – Potencial de Reúso das ETES

Potencial	Classe das ETE's	ETE's	Tecnologias	Vazão (L/s)	Vazão Total (L/s)	Vazão Acumulada (L/s)	Volume Diário (m³)
Imediato	A	Centro de Eventos	UASB + FSA	5.85	13.97	13.97	1207.008
		Dias Macedo	UASB	1.22			
		Novo Barroso	UASB	6.9			
Curto Prazo	B	Castelão	UASB + FSA	ND	36.5	50.47	4360.608
		Conj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	36.5			
		SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	ND			
Médio Prazo	C	Sítio Santana	UASB	5.54	325.48	375.95	32482.08
		Conj José Walter III	LAGOAS ESTABILIZAÇÃO	84			
		TCM	UASB + FSA	ND			
		Jereissati III	LAG FAC	15.6			
		Conj. Esperança	LAG FAC	27.7			
		Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	8.5			
		Tupãmirim	LAG FAC + MAT	8.4			
		Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	ND			
		Lagamar	LAG FAC	37.94			
		Conj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	33.4			
		Conj. Ceará	LAG FAC	92.1			
João Paulo II	LAG FAC	12.3					
Longo Prazo	D	S. Miguel	UASB	ND	2664	3039.95	262651.68
		Itaperussu	LODOS ATIVADOS	0.26			
		Riacho Doce	UASB	1.29			
		Pindorama	UASB	1.09			
		Itaperí	UASB	0.55			
		Novo Mondubim II	UASB	1.72			
		Pajuçara	UASB	ND			
		Paupina	UASB	4.69			
		Pôr do sol	UASB	4.1			
		Rosalina	UASB	0.71			
		Rosa de Luxemburgo	UASB	0.08			
		Aracapé III	UASB	7.8			
		Curió I e II	UASB	11.33			
		Lago Azul	UASB	ND			
		Zeza tijolo	UASB	3.9			
		Lagoa da Zeza	UASB	2.2			
		Demais ETES	Decanto Digestor	124.28			
EPC	-	2500					

Fonte: Autor, 2016

Conforme está apresentado na tabela acima, observa-se o seguinte agrupamento das ETEs:

Classe A: 3 ETEs;

Classe B: 3 ETEs;

Classe C: 12 ETEs;

Classe D: 16 ETEs + 26 ETEs (Decanto Digestor) + 1 EPC

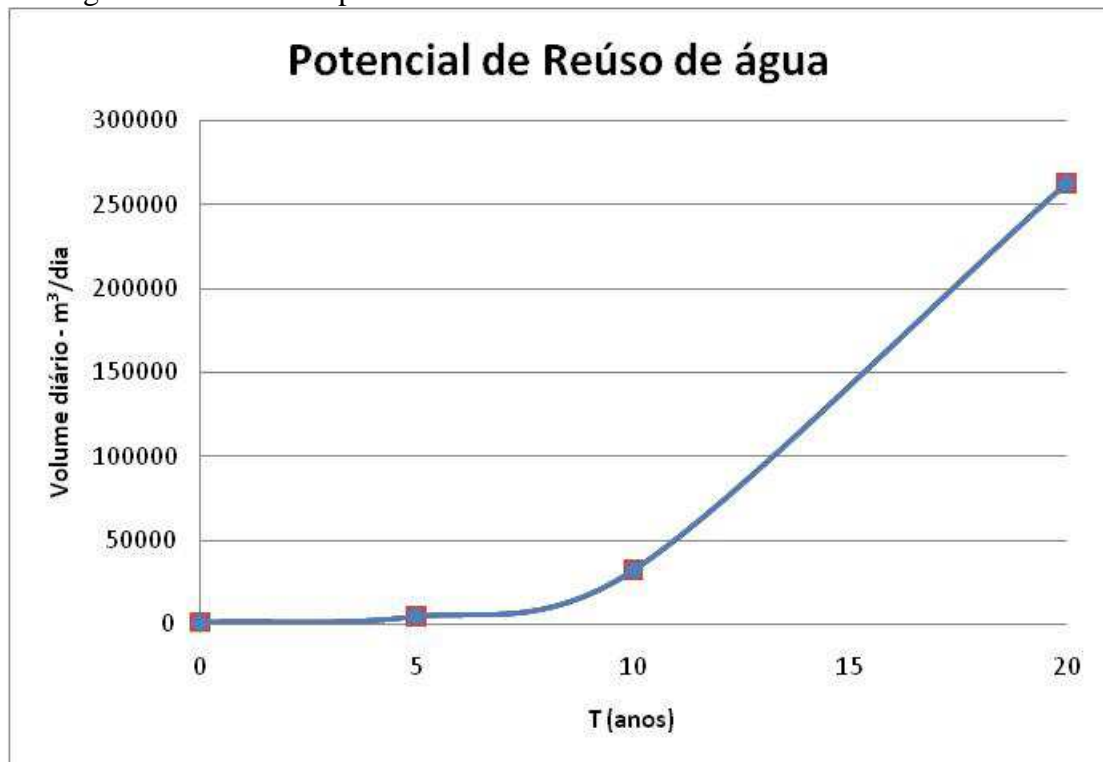
Os valores apresentados acima são empolgantes do ponto de vista de volume de efluentes tratado que poderiam ser reutilizados caso haja qualidade suficiente no esgoto para reúso.

Observa-se que atualmente o município tem 3 (três) estações que atendem plenamente a todos os padrões da USEPA (2004) para irrigação restrita. Esse resultado é bastante animador tendo em vista que já se poderia reutilizar os efluentes dessas estações nos seguintes usos: Irrigação de parques, canteiro de rodovias, Usos ornamentais e paisagísticos com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeiras, usos na construção (compactação do solo, argamassa e concreto). Ressalta-se que esses usos são recomendados pela USEPA (2004) quando o efluente atende aos parâmetros de reúso urbano. Nesse contexto, caso haja implantação de reúso nessas ETEs, já haveria uma redução de aproximadamente 1200 m<sup>3</sup> de águas subterrâneas, que atualmente é utilizada para irrigação de áreas verdes.

Analisando em curto prazo, ou seja, nos próximos 5 anos, a vazão acumulada das ETEs (Classe A e B) é de aproximadamente 50 L/s com um volume diário de 4.360 m<sup>3</sup>.

Para Implantação a médio prazo, obteve-se uma vazão acumulada de 375,95 L/s e um volume diário de aproximadamente 32.482 m<sup>3</sup>. Em relação ao Potencial a longo Prazo, conforme citado, enquadra-se todas ETEs e soma-se também a vazão da EPC. Nesse caso, considera-se que todas as estações implantariam o reúso dos seus efluentes. Os valores são bastante elevados, tem-se uma vazão de aproximadamente 3.039,95 L/s e um valor diário de 262.651,7 m<sup>3</sup> de esgoto. Conforme já foi citado, todo esse efluente é lançado em corpos hídricos, sendo a maior parcela destinada ao mar através do emissário submarino de Fortaleza. Vale Ressaltar que o valor apresentado é estimado e que não está contabilizado a vazão de 8 (oito) Estações que não tem vazão conhecida nem estimada, dessa forma adota-se a hipótese de que o volume tratado seja superior ao calculado. Também deve ser considerado a variação populacional para os próximos anos, pois, as projeções de vazão foram calculadas considerando a vazão de esgoto atual das ETEs. A Figura 15 mostra a curva do potencial de reúso do município de Fortaleza considerando o potencial imediato, a curto prazo (5 anos), médio prazo (10 anos) e longo prazo (20 anos).

Figura 15 – Curva do potencial de reúso de Fortaleza



Fonte: Autor, 2016

### 5.6 Utilização da água de reúso em Fortaleza

Inicialmente foi feito um levantamento, conforme apresentado na metodologia, de quais órgãos poderiam utilizar o efluente tratado. De acordo com a Prefeitura Municipal de Fortaleza, há várias formas de utilização da água de reúso em Fortaleza, todavia em primeiro momento foi recomendado o uso na irrigação de áreas verdes e limpeza de logradouros.

As áreas verdes públicas remanescentes (praças, parque e logradouros) na cidade são mantidas pela EMLURB, que é o órgão municipal responsável por planejar, avaliar e controlar o paisagismo e a limpeza pública urbana de Fortaleza.

Segundo a EMLURB, as áreas verde de Fortaleza são irrigadas com duas fontes de água, sendo estas: Uma cacimba localizada em um terreno na Av. Osório de Paiva – Próximo ao Posto Carioca e um poço na Av. Alberto Craveiro – Próximo a Arena Castelão.

Para a execução dos serviços de irrigação foi contratada a empresa ATHOS Construções LTDA através de Licitação. Segundo a EMLURB, o valor do metro cúbico de água é R\$ 4,21.

Atualmente o contrato de irrigação cobre 11 pontos, sendo estes, binários recém plantados, jardins e áreas de lazer. A tabela 13 mostra as rotas e os volumes de água utilizados para irrigação.

Tabela 13 – Rotas e volumes de água utilizados para irrigação em Fortaleza-CE

<b>ROTA</b>	<b>VOLUME (L)</b>
BINÁRIO BOM JARDIM - Ruas Maria Julia, Raimundo Pinheiro e Rua Virgílio Nogueira	9500
BINÁRIO - PICI Rua Alagoas – Pernambuco	9500
ECOPONTO - PARQUE DOIS IRMÃOS	17000
PRAÇA HILZA DIOGO – MONDUBIM	17000
BINÁRIO DA PARANGABA	8300
Av. SANTOS DUMONT – canteiro central próximo a Av. Dioguinho	8300
ECOPONTO SÃO CRISTOVÃO	17000
POLICLÍNICA DO JANGURUSSU	17000
CAMPO DO ESSE – Conjunto Elizabeth II – Grande Messejana	9500
CAMPO DO CURITIBA – Parque Santa Filomena	9500
JOSÉ WALTER – área da feirinha, próximo a Av. F.	17000

Fonte: Autor, 2016.

As Rotas apresentadas acima estão reduzidas pois segundo a EMLURB, várias outros pontos devem ser incluídos e haverá nos próximos anos um plano de expansão de irrigação das áreas verdes de Fortaleza.

Segundo a EMLURB, são utilizados quatro caminhões pipas atualmente, sendo dois com 8300 litros, um com 17000 litros, e um com 9500 litros. Sendo utilizado todo o volume diariamente, das 8h da manhã, às 16h. A irrigação ocorre de segunda a sexta feira, exceto feriados.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Fortaleza, foram gastos na execução dos serviços de conservação e implantação do paisagismo com manejo de plantas nos canteiros centrais, calçadas, praças e parques do município, um total de R\$ 1.806.727,60 no ano de 2016, com uma média de R\$ 15.560 por mês.

Analisando os dados apresentados acima, observa-se que há um consumo diário de 34.800L ou aproximadamente 35 m<sup>3</sup> de água apenas com irrigação de áreas verdes. Ressaltando que esse valor deve crescer, pois, segundo a EMLURB, existe um plano para expansão das áreas verdes.

No tocante à utilização da água, observa-se que vários projetos podem ser beneficiados com a utilização dessa água de reúso. Considerando o reúso imediato, o volume diário gerado de 1.207 m<sup>3</sup> já é o suficiente para fazer toda a irrigação das áreas verdes de

Fortaleza, que nesse momento utiliza apenas 35m<sup>3</sup> justamente por conta da escassez hídrica. A Emlurb foi consultada sobre a possibilidade de utilização de água de reúso para o processo de irrigação das áreas verdes da cidade e demonstrou total interesse no avanço dos estudos para concretização da idéia.

Uma situação de possível aplicação de reúso para estudo de caso poderia ser instalada no Centro de Eventos de Fortaleza-CE, pois, conforme mostrado, a ETE operada no local apresenta ótimos resultados (anexo I) e foi classificada como ETE Classe A (Tabela 11). Observa-se que no entorno do Centro de Eventos há uma vasta área verde, contabilizando assim a área verde interna e os canteiros das vias na parte externa. Conforme visto nos resultados, é possível que o efluente dessa ETE fosse utilizada para irrigação dessas áreas, desde que haja monitoramento do efluente e acompanhamento do serviço de irrigação. Destaca-se que essa proposição apresenta total viabilidade pois a ETE fica no interior do Centro de Eventos, facilitando a logística e além disso, promove-se a economia de águas subterrâneas e até mesmo de água potável, que são hoje utilizadas para irrigação dessas áreas verdes. Assim, a implantação dessa proposta se caracterizaria como um estudo de caso e um passo inicial para implantação de reúso no município de Fortaleza-CE.

Em curto prazo, a água de reúso poderia ser utilizada para lavagem dos logradouros públicos do município e desobstrução de tubos de esgoto sanitário pela própria CAGECE, evitando uso de águas de poços subterrâneos, que deveria ser uma reserva técnica para usos emergenciais.

Com relação ao planejamento em médio e longo prazo a água pode ser utilizada principalmente para o Complexo Portuário do Pecém e das empresas instaladas no complexo, ressaltando que atualmente há uma discussão sobre a interrupção das atividades das empresas situadas no Complexo do Pecém por conta do altíssimo consumo de água. Em Novembro de 2016 foi apresentada uma alternativa pelo Governador do Estado do Ceará para o desligamento das Termoelétricas instaladas no Pecém, como forma de medidas emergenciais para a segurança hídrica de Fortaleza e Região Metropolitana. Estima-se que o consumo no Complexo é de aproximadamente 800 L/s, o suficiente para abastecer a aproximadamente 275 mil pessoas. Considerando o volume em médio prazo já seria possível suprir em aproximadamente 35% o volume de água gasto no Pecém e ainda manter as ações de Reúso Urbano em Fortaleza. Considerando o volume gerado em longo prazo, haveria água suficiente para o reúso urbano pleno do município de Fortaleza e ainda haveria volume suficiente para abastecimento integral do Complexo do Pecém, caso necessário. De maneira objetiva, a implantação de um sistema de reúso em Fortaleza é algo que deve ser trabalhado junto com os gestores públicos, empresários e

sociedade, tendo em vista que esses agentes, em conjunto, poderão transformar o potencial de reúso de água do município de Fortaleza em ações reais práticas, com diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais.



## 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que o Reúso de água no município de Fortaleza está se tornando uma realidade cada vez mais próxima e tal informação pode ser comprovada nesse trabalho. De acordo com as informações levantadas ao longo dessa pesquisa, observa-se que alguns pontos merecem ser destacados e posteriormente avaliados para que o reúso de água em Fortaleza-CE seja implantado. Tais questões são apresentadas abaixo.

Inicialmente analisou-se as modalidades de reúso propostas pela Lei 16.033/2016 e então foi feita uma comparação de tais modalidades. A legislação não recomenda o reúso potável, devido ao elevado risco dessa forma de reúso. Dessa forma, as modalidades de reúso, de acordo com a Lei 16.033/2016, são: reúso para fins urbanos, fins industriais, fins agrícolas, fins ambientais e na aqüicultura. Após a análise, adotou-se a alternativa com maior viabilidade, sendo escolhido o reúso urbano como modalidade de reúso para avaliação do potencial. Todavia é necessário a realização de um estudo de viabilidade de reúso de água integrado em Fortaleza-CE, visando a utilização dos efluentes em diversos fins e não apenas no reúso urbano. Justifica-se mais uma vez que nesse trabalho foi adotado uma única modalidade de reúso para simplificação do cenário e assim, ser possível a avaliação do potencial. Assim, verifica-se a necessidade de um estudo minucioso sobre a implantação de reúso, demanda de água, logística e funcionamento de cada uma dessas modalidades previstas na Lei 16.033/2016, visando um equilíbrio no uso da água de reúso.

No tocante aos dados obtidos, observou-se que muitas ETEs são operadas sem quaisquer monitoramento de dados, caso específico das estações com tecnologia de Decanto-Digestor. Também foi observado que a grande maioria das estações não tem um cadastro das vazões, por isso a necessidade de se estimar as vazões. Nesse contexto, recomenda-se que seja dada uma atenção especial para o monitoramento e cadastro de informações das ETEs por parte da Companhia responsável visando o controle das variáveis para possíveis intervenções na ETE e fomentando a melhoria na precisão dos dados para estudos e pesquisas.

Com relação à determinação da vazões das ETEs, foi necessário realizar a estimativa através de dados apresentados no Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2014). Tal método pode apresentar variações por conta do método de análise e pela qualidade dos dados. Também destaca-se que o valor da vazão foi calculado considerando a população do ano de 2016, portanto, ao longo do tempo esse potencial tende a aumentar, assim como também aumenta a demanda de água. Para solução do problema da qualidade de dados, recomenda-se que a CAGECE implante uma metodologia de acompanhamento frequente das ETEs operadas pela

companhia, avaliando a vazão e os parâmetros físicos, químicos e biológicos, pois, conforme foi visto nos resultados, várias ETEs não possuem os dados básicos de avaliação de eficiência. Ressaltando que aproximadamente 30% das ETEs de Fortaleza, operadas pela CAGECE não tem dados como vazão e parâmetros de qualidade do efluente.

As ETEs doméstico de Fortaleza operadas pela CAGECE apresentaram péssimo estado de conservação, com baixa eficiência de tratamento e necessitando, urgentemente, de readequação. São vários os problemas identificados, os quais foram citados nos resultados. As sugestões a serem feitas baseiam-se principalmente na substituição integral das ETEs com tecnologia de Decanto-Digestor, de forma que todas essas ETEs sejam desativadas e construídas novas estações com tratamento adequado. Com relação às ETEs que possuem tecnologia adequada, mas mesmo assim apresentaram resultados abaixo do esperado, pode-se listar os problemas que ocorreram na fase de projeto, execução e operação, ressaltando que o contexto dessas problemáticas ocasionou a situação existentes dessas ETEs. Na fase de projeto os principais problemas que puderam ser identificados são: Localização Inadequada das ETEs, em áreas inundáveis ou com dificuldades de acesso para os equipamentos e manutenção, também observa o problema com dimensionamento, pois muitas das ETEs foram projetadas sem se pensar na expansão da ETE e no crescimento populacional, isso resultou no sub-dimensionamento das estações, que atualmente operam com vazão acima da vazão. Nos erros relacionados à execução, os principais problemas estão ligados à falta de fiscalização, construção em desacordo com o projeto e utilização de materiais e equipamentos de baixa qualidade. Na operação, os principais problemas encontrados foram: Baixa qualificação e falta de treinamento dos operadores, número insuficiente de operadores na estação, falha nos planos de manutenção e operação das ETEs. Diante dos problemas expostos, recomenda-se que seja feita uma auditoria com participação, inclusive, da sociedade, sobre o sistema de tratamento de esgoto doméstico de Fortaleza, pois conforme mostrado, o estado das ETEs é alarmante.

Uma questão relevante a se destacar nesse trabalho foi a irregularidade nos dados dos efluentes analisados pelas ETES. Esse fato caracteriza um típico problema de operação das estações. Analisando a ETE Dias Macedo, por exemplo, nota-se uma DQO efluente de 649 mg/L no mês de Março (anexo I), já no mês de abril a DQO efluente foi de 40,80 mg/L (anexo I), ou seja, uma variação de mais de 93% do valor inicial. Esse fato comprova o sério problema da CAGECE com a operação dos sistemas, os quais não apresentam consistência ao longo do tempo, apresentando oscilações descomunais em curtos períodos de tempo. Para solução do problema recomenda-se que a Companhia aprimore o serviço de monitoramento e operação das ETES através de capacitação dos operadores e acompanhamento dos dados dos efluentes.

Conforme visto, o potencial pleno de reúso dos efluentes gerados nas ETEs doméstico de Fortaleza operadas pela CAGECE é de aproximadamente 262.651,7 m<sup>3</sup>/dia de esgoto. Para se ter idéia, se fosse implantado um sistema de reúso no município de Fortaleza com utilização de apenas 10% do potencial total de reúso do município, já haveria uma economia de 26.265 m<sup>3</sup> de água. Considerando que a economia proporcionada fosse de água potável, esse valor seria suficiente para abastecer diariamente a aproximadamente 218.875 habitantes, considerando uma média de 120 L/hab x dia.

De acordo com os valores apresentados, existem 3 (três) ETEs que foram agrupadas como Classe A, e portanto, já poderiam ter a implantação de reúso imediata de seus efluentes. O volume diário das ETEs Classe A foi de aproximadamente 1.207 m<sup>3</sup>. Esse valor já é o suficiente para fazer toda a irrigação das áreas verdes de Fortaleza, que nesse momento utiliza apenas 35m<sup>3</sup>. Esse dado mostra que o reúso de água no município já pode ser tratado como realidade.

Recomenda-se a implantação do Reúso dos Efluentes gerados na ETE Centro de Eventos. Conforme apresentado nos resultados, essa proposta apresenta total viabilidade tendo em vista as seguintes questões: (I) A ETE apresenta ótimos valores de efluente tratado e foi classificada como ETE Classe A; (II) A ETE está localizada dentro do Centro de Eventos e as áreas verdes a serem irrigadas estão todas muito próximas a ETE; (III) A irrigação dessas áreas verdes são realizadas com água subterrânea e por vezes com água potável. A implantação do reúso promoveria a economia de águas de melhor qualidade. Por fim, recomenda-se que seja instalado apenas um filtro de polimento para garantia da qualidade do efluente final. Também destaca-se a importância do monitoramento do efluente e acompanhamento do serviço de irrigação. Esse sistema proposto poderia servir de base para os demais sistemas de reúso, sendo um estudo de caso para o reúso de água em Fortaleza-CE.

A curto prazo, recomenda-se a utilização da água em irrigação de áreas verdes e logradouros públicos, conforme apresentado nos resultados. Em médio e longo prazo, após práticas de educação ambiental e com ações pautadas na aceitabilidade social quanto ao reúso, haverá um campo enorme de aplicação da água de reúso desde que haja incentivo do governo e aceitação da população.

Com relação à implantação do reúso de água, um dos principais problemas que dificultava a sua inserção nos projetos era a falta de legislação sobre o tema, pois o Estado do Ceará não possuía nenhuma legislação sobre reúso de água até o ano de 2016, ano no qual foi sancionada a Lei Estadual nº 16.033 de 20/06/2016, um marco histórico, pois durante anos era discutido e cobrado do poder público um dispositivo que regulamentasse o reúso de água no Ceará. Essa legislação determina que a prática de reúso não potável deve ser incentivada por parte

do Poder Público e, de acordo com o seu Art 6º, deve ser instituído metas a serem cumpridas pelo Estado no que se refere ao reúso. Observa-se ainda que no Art 11º da referida Lei, fica instituído o “Selo Reúso” nos empreendimentos que possuem sistema de reúso não potável, sendo mais um mecanismo de incentivo de implantação de reúso nas estações de tratamento. Adota-se a hipótese de que haverá um aumento considerável da prática de Reúso no Estado do Ceará;

No que se refere à utilização da água de reúso, existem várias áreas de aplicação com demanda de água compatível com o volume de efluente tratado nas ETEs. Conforme foi apresentado, foi adotado a modalidade de reúso urbano por conta da viabilidade dessa forma de reúso para o município de Fortaleza. Ao analisar a modalidade de reúso urbano, observou-se grande variedade dos usos. Como ainda não foram criados os parâmetros mínimos de qualidade dos efluentes para reúso urbano pela Lei 16.033/2016, teve-se de recorrer para a literatura através de pesquisas que mostraram os tipos de usos urbanos para a água de reúso e seus respectivos parâmetros de qualidade exigidos. Nessa análise, foi verificada que o uso que é melhor alcançado, em termos de qualidade do efluente é a Irrigação Urbana Restrita. Ressalta-se porém que seria possível utilizar a água em outros usos, como Irrigação Urbana Irrestrita, por exemplo, todavia para essa aplicação é necessário um efluente de melhor qualidade, sendo necessário a alteração em todas as estações, já que nenhuma, atualmente, consegue alcançar os parâmetros mínimos exigidos para essa forma de uso de água.

Outra problemática envolvida para implantação do reúso é a questão cultural, a qual deve ser trabalhada pois parte da sociedade ainda percebe o reúso com certa repulsa, e isso deve ser contornado.

No tocante às tecnologias de tratamento propostas para substituição das ETEs de Decanto-Digestor, recomenda-se as diretrizes do PROSAB para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto para os projetos dessas novas ETEs que deverão implantar o reúso dos seus efluentes. Para o reúso urbano restrito ou irrestrito, recomenda-se as seguintes tecnologias: Reator UASB + FSA + Filtração Terciária + Desinfecção ou Reator UASB + Lodos Ativados + Filtração Terciária + Desinfecção.

Findando as conclusões e recomendações propostas, propõe-se a continuação de pesquisas que visem o prosseguimento dos estudos para implantação do reúso em Fortaleza, concretizando a Lei 16.033/2016. Nessa pesquisa, houve o foco inicial para o potencial de reúso, recomenda-se, a partir de então, o levantamento de empresas privadas e públicas que possam consumir o efluente tratado, e em seguida propor metodologias de implantação, logística e operação, associando os custos, análise dos impactos ambientais e etc. Dessa forma, o avanço das

pesquisas nesse tema servirá como base para os programas, projetos e ações públicas e privadas voltadas para o reúso de água no município de Fortaleza-CE.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA. **Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. São Paulo: ABES, 2015. 43p.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **ATLAS 2010: ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA**. Brasília, Distrito Federal: ATLAS, 2010. p.24. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/atlasbrasil>>. Acesso em: 26 de Outubro de 2016.

ASANO, T.; LEVINE, A.D. **Wastewater Reclamation, Recycling and Reúso: Past Present and Future**. Lancaster, PA: Technomic Publishing Company, pp. 1-56.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de recursos Hídricos. Resolução n. 54 – 28 nov. 2005. Estabelece modalidades, diretrizes para a prática de reúso direto não potável de água e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357 – 17 mar. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões do lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005a.

BRASIL. Lei nº 9.433 – 8 jan. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, 9 jan. 1997. p. 470.

BREGA FILHO, D. B.; MANCUSO P. C. S. Conceito de reúso de água: In: MANCUSO P. C. S.; SANTOS, H. F (Ed.). **Reúso de Água**. Barueri, S. P. Manole, 2002.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Dados Estatísticos da Cagece**. Ceará: CAGECE, 2016. Disponível em <<http://www.cagece.com.br/cagece/estatisticas/>>. Acesso em 04 de Agosto de 2016.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Sistema de Esgotamento Sanitário de Fortaleza -CE**. CEARÁ: CAGECE, 2011.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 323 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará, 2010.

CAMPOS, A. T. **Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização**. Eng. Agrícola Jaboticabal, v.26, n.1, p.235-242, jan./abr. 2006.

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**. Ceará, 2016.

CEDAE. GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. **Portal de notícias da CEDAE**. RIO DE JANEIRO: CEDAE, 2015. Disponível em: <<https://www.cedae.com.br/>>. Acesso em 04 de Outubro de 2016.

CHENICHARO, A. C. L et al. **Tratamento de Esgotos e Produção de Efluentes Adequados a Diversas Modalidades de Reúso da Água**. In: DOS SANTOS, M. L. F. (Coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, II SSA, 2009.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Anuário do monitoramento quantitativo dos principais açudes do Estado do Ceará**. FORTALEZA: COGERH, 2007. 248 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357, 17 de maio de 2005. **Diário Oficial da União**, 18 de março 2005 (p. 58-63).

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Fortaleza, v. 3, n. 3, p. 4-19, set./dez. 2009.

DOS SANTOS, André Bezerra. **Avaliação Técnica de Sistemas de Tratamento de Esgotos**.. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 39-80, 2007

DOS SANTOS, M. L. F. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

EPA - Environmental Protection Agency. **Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical / Chemical Methods - SW 846**. Richmond: EPA/National Technical Information Service, 1996.

EPA - Environmental Protection Agency. **Agency for International Guidelines for water reuse: EPA/675/R-041/08**. (DC); 2004.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2006. **FAO Fisheries and Aquaculture Department**. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations, 180 p. 2007.

FELIZATTO, M. R. **Reúso de água em piscicultura no Distrito Federal: Potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado**. 2000. Tese de mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2000.

FAEDO, A. M. **Tecnologias Convencionais e novas alternativas para o tratamento de efluentes domésticos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Manual de Conservação e reúso da água em Edificações**. São Paulo: FIESP, p. 51-60, 2005.

GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã.** [S. l.] Brasil: Embrapa, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf)>. Acesso em: 24 de Outubro de 2016.

GONÇALVES, P.M. **Bases Metodológicas para a Racionalização do Uso de Água e Energia no Abastecimento Público de Água em São Paulo.** 1995. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo, São Paulo, 1995.

GUERREIRO, M. L. F. B. **Dessalinização para Produção de Água Potável.** 2009. Dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2009.

HESPANHOL, I. A Inexorabilidade do reúso potável Direto. **Revista DAE.** São Paulo, 2014.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico – Uma visão realista.** In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Coord.) **Águas doces do Brasil, capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, 1999. p.249-304.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. **Conservação e reúso de água. Manual de Orientações para o Setor Industrial.** São Paulo: Fiesp, Ciesp, 2005. v.1.

HELLER, L. **Esgotamento sanitário em zona de urbanização precária.** 1989. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG, p.229 a 232. 1989

HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico.** Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico-financeiras e Sócio-culturais. Engenharia, São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, v. 55, n. 523, 1997.

HESPANHOL, I. **Guidelines and Integrated Measures for Public Health Protection in Agricultural Reuse Systems.** England: J. Water SRT-Agua, v.39, n.4, p.237-49, 1990.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquífero.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (eds). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2002. Cap. 3, p 37-95.

HESPANHOL, I. Reúso Potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. **Revista USP.** São Paulo, 2015.

HOWELL, J.A., (2004). **Future of membranes and membrane reactors in green technologies and for water reuse.** Desalination, v. 162, p.1-11.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010.** Ceará: IBGE, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará.** IPECE: Ceará, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará.** IPECE: Ceará, 2015.



JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª edição – Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. ABES, 682 p, 1995  
LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado da Água e Algumas Considerações Sobre Suas Possibilidades no Brasil. 1987. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

MACHADO, L. L. **Utilização de compósito carvão/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e pirita como catalisador da peroxidação de efluentes têxteis**. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 86-91, 2007.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p. 22-479, 2002.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático, n. 38).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, mar. 2004.

MOTA, Suetônio. **Reúso de Águas: A experiência da Universidade Federal do Ceará**. Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Ceará, 2000.

MOTA, Suetônio. **Reúso de Águas em Irrigação e Piscicultura**. Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Ceará, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **4ª edição do relatório sobre recursos hídricos**. 6º Fórum Mundial da Água. VEJA. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/onu-apresenta-relatorio-sobre-recursos-hidricos-em-forum-mundial-da-agua>> Acesso em 07 de Novembro 2016.

PAIVA, F. V. **Monitoramento da ETE do Hospital Geral de Fortaleza-CE, como instrumento de gestão dos efluentes Líquidos**. 2009 Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, 2009.

Prefeitura Municipal de Fortaleza. **Plano municipal de Saneamento Básico**. Fortaleza, 2014. Disponível em: <[https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/diagnostico\\_do\\_sistema\\_de\\_esgotamento\\_sanitario.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/diagnostico_do_sistema_de_esgotamento_sanitario.pdf)> . Acesso em 05 de Março de 2016.

Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim**. Recife: PROSAB, p. 16-154, 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Portal de Notícias SABESP**, São Paulo, 2015. Disponível em: <www.sabesp.com.br/noticias>. Acesso 12 junho, 2016.

SAUER, T. **Tratamento de efluentes de curtume através do processo combinado de degradação fotocatalítica seguida por adsorção em carvão ativado**. 2006. Tese Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 21-23, 2006.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ - SEMACE. Portaria Nº 154, de 22 de julho de 2002. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 01 de outubro de 2002.

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.. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 21 de fevereiro de 2017.

SILVA, G. S. DA. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água na Universidade de São Paulo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SILVA, F. A.; BEZERRA, M. E. E. **Contribuição à caracterização de esgotos sanitários em Fortaleza, Ceará**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, set. 2005.

SOUSA, W. G. **Análise da viabilidade econômica de uma Estação de Tratamento de Efluentes e sua relação com a contabilidade de custos**. 2011. Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Atuária, Contabilidade e Secretariado Executivo. Fortaleza, 2011.

TAJRA, A. A. **Aspectos Técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação Pertinente**. Área Piloto de Fortaleza-Ceará. 2001. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE. 109p. 2001.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas e Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**: 2. ed. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

USEPA UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guideline for water reuse**. Washington D. C: USEPA, 2004 (EPA/625/R-04/018).

TARDIVO, M. T. **Consideração sobre o monitoramento e controle dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de estações de tratamento de esgotos e propostas para sistema**

**integrado de gestão com enfoque ambiental, controle de qualidade, segurança e saúde.** 2009  
Tese de Doutorado. Universidade de São Carlos. São Paulo, 2009.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: UFMG. 2 ed. 196 p. 1986

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: UFMG. v.2. p.1-143. 1996.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG, 1997. 416 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Vol. 1.  
Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - MG: UFMG, 2005. 3a ed., 452 p.2005

WILLIAMS, G. J.; SHEIKH, B.; HOLDEN, R. B.; KOURETAS, T. J.; NELSON, K. L. The impact of increased loading rate on granular media, rapid depth filtration of wastewater. **Water Research**, v.41, p. 4535-4545. 2007

## ANEXO A - DADOS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES - JANEIRO/2016

jan/16							
ETE	SISTEMA	pH	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	E. coli NMP/100 mL	Cloro Residual (mg/L)
		Tratada	Tratada	Tratada Filtrada	Tratada		
Castelão (Boa Vista)	UASB	6,71	64,0	-	40,0	9,20E+02	Ausente
S. Miguel	UASB	7,31	249,0	-	198,00	1,30E+03	3,0
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	6,94	4204,8	-	485,00	1,70E+03	0,8
Centro de Eventos	UASB	7,47	77,6	-	18,00	1,30E+05	Ausente
Dias Macedo	UASB	6,77	258,7	-	116,00	1,00E+00	3,0
Riacho Doce	UASB	7,48	332,0	-	146,00	2,40E+03	2,5
Pindorama	UASB	7,09	539,3	-	137,50	5,80E+02	3,0
Sítio Santana	UASB	7,58	187,00	-	80,00	2,40E+05	Ausente
Itaperí	UASB	7,07	670,60	-	112,50	5,40E+01	1,2
Novo Mondubim II	UASB	7,07	261,40	-	140,00	1,00E+00	2,0
Conjunto José Walter III	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	8,36	504,00	132,00	380,00	4,40E+04	Ausente
Novo Barroso	UASB	6,77	718,90	-	305,00	3,60E+05	0,8
Pajuçara	UASB	7,21	324,00	-	170,00	1,40E+07	Ausente
Paupina	UASB	7,21	365,1	-	62,00	5,50E+03	Ausente
Pôr do sol	UASB	-	-	-	-	-	Ausente
Rosalina	UASB	7,32	500,0	-	146,00	2,00E+07	Ausente
Rosa de Luxemburgo	UASB	7,58	219,5	-	18,00	2,40E+03	3,0
Aracapé III	UASB	7,17	493,3	-	124,00	1,00E+00	3,0
Curió I e II	UASB	7,30	734,9	-	225,00	2,40E+07	Ausente
Lago Azul	UASB	7,26	356,00	-	142,50	2,40E+05	3,0
TCM	UASB	6,89	112,00	-	37,50	5,60E+05	Ausente
Zeza tijolo	UASB	7,46	211,90	-	82,50	7,70E+06	Ausente
Lagoa da Zeza	UASB	6,94	630,50	-	315,00	4,70E+03	2,5
Jereissati III	LAG FAC	8,34	494,00	100,40	335,00	6,20E+05	Ausente
Conj. Esperança	LAG FAC	8,11	429,70	112,40	200,00	3,60E+05	Ausente
Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	8,18	297,20	96,40	120,00	5,70E+05	Ausente
Tupãmirim	LAG FAC + MAT	8,08	144,00	60,00	85,00	2,00E+02	Ausente
Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	8,27	167,00	39,80	60,00	8,20E+04	Ausente
Lagamar	LAG FAC	8,30	441,4	91,50	405,00	6,30E+05	Ausente
Cj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	8,37	353,7	174,80	225,00	4,10E+04	Ausente
Cj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	8,64	200,0	112,00	62,50	1,00E+04	Ausente
Cj. Ceará	LAG FAC	8,25	369,5	120,50	245,00	1,90E+06	Ausente
João Paulo II	LAG FAC	8,22	356,0	68,00	350,00	4,40E+05	Ausente
SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	8,06	280,5	158,50	115,00	1,40E+03	Ausente

## ANEXO B - DADOS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES - FEVEREIRO/2016

fev/16							
ETE	SISTEMA	pH	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	E. coli NMP/100 mL	Cloro Residual (mg/L)
		Tratada	Tratada	Tratada Filtrada	Tratada		
Castelão (Boa Vista)	UASB	7.32	81.6	-	14.0	6.40E+01	Ausente
S. Miguel	UASB	7.58	294.4	-	177.50	2.40E+03	3.00
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	7.27	200.8	-	104.00	1.70E+05	1.00
Centro de Eventos	UASB	7.36	131.5	-	14.00	2.40E+05	2.00
Dias Macedo	UASB	6.71	471.5	-	110.00	1.00E+00	3.00
Riacho Doce	UASB	7.47	258.4	-	102.00	1.00E+02	3.00
Pindorama	UASB	7.00	690.9	-	145.00	2.40E+03	3.00
Sítio Santana	UASB	7.54	190.30	-	60.00	1.60E+03	1.50
Itaperi	UASB	7.21	425.70	-	315.00	2.00E+05	0.50
Novo Mondubim II	UASB	7.51	396.80	-	92.50	1.50E+02	1.50
Conjunto José Walter III	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	8.32	378.30	52.30	225.00	3.10E+04	Ausente
Novo Barroso	UASB	7.41	231.10	-	120.00	8.40E+02	1.00
Pajuçara	UASB	7.41	346.10	-	150.00	9.80E+06	Aus
Paupina	UASB	7.31	351.00	-	85.00	2.30E+01	2.50
Pôr do sol	UASB	7.40	726.20	-	245.00	2.70E+03	3.00
Rosalina	UASB	7.35	501.00	-	198.00	1.40E+07	Aus
Rosa de Luxemburgo	UASB	7.64	359.20	-	49.00	1.00E+00	3.00
Aracapé III	UASB	7.21	4291.50	-	1985.00	2.00E+03	3.50
Curio I e II	UASB	7.59	608.50	-	110.00	2.40E+07	Aus
Lago Azul	UASB	7.23	323.90	-	108.00	2.40E+03	3.00
TCM	UASB	-	-	-	-	-	Ausente
Zeza tijolo	UASB	7.48	498.00	-	36.00	1.00E+00	2.00
Lagoa da Zeza	UASB	7.19	668.00	-	205.00	1.30E+05	1.00
Jereissati III	LAG FAC	8.41	535.80	98.20	340.00	9.90E+05	Ausente
Conj. Esperança	LAG FAC	8.35	368.10	114.50	180.00	8.20E+05	Ausente
Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	8.99	278.10	106.30	120.00	2.30E+05	Ausente
Tupãmirim	LAG FAC + MAT	8.10	156.00	60.00	96.00	1.50E+03	Ausente
Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	8.79	211.80	138.50	88.00	2.40E+03	Ausente
Lagamar	LAG FAC	8.10	329.4	103.20	232.50	1.40E+06	Ausente
Cj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	8.11	298.2	55.70	125.00	1.30E+06	Ausente
Cj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	9.36	182.2	89.10	82.00	9.70E+00	Ausente
Cj. Ceará	LAG FAC	8.30	359.9	110.40	182.50	1.30E+06	Ausente
João Paulo II	LAG FAC	8.31	268.0	92.00	178.00	1.10E+06	Ausente
SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	8.00	246.0	162.70	117.50	6.40E+01	Ausente

## ANEXO C - DADOS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES - MARÇO/2016

mar/16							
ETE	SISTEMA	pH	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	E.coli NMP/100 mL	Cloro Residual (mg/L)
		Tratada	Tratada	Tratada	Tratada		
				Filtrada			
Castelão (Boa Vista)	UASB	7.17	27.70	-	8.00	1.00E+00	Ausente
S. Miguel	UASB	7.22	430.00	-	130.00	1.00E+00	3.00
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	6.91	147.00	-	102.00	1.00E+05	0.30
Centro de Eventos	UASB	7.12	65.80	-	19.00	1.00E+00	3.50
Dias Macedo	UASB	7.10	649.00	-	274.00	1.00E+00	3.50
Riacho Doce	UASB	7.68	244.60	-	122.00	1.70E+07	Aus
Pindorama	UASB	6.74	646.10	-	144.00	1.00E+00	3.00
Sítio Santana	UASB	7.40	207.70	-	66.00	1.20E+02	2.50
Itaperí	UASB	7.33	984.60	-	362.50	2.40E+02	1.50
Novo Mondubim II	UASB	6.80	321.10	-	120.00	1.00E+00	3.50
Conjunto José Walter III	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	8.20	378.00	78.70	150.00	5.20E+05	Ausente
Novo Barroso	UASB	6.79	270.80	-	66.00	9.90E+01	2.50
Pajuçara	UASB	7.37	344.00	-	116.00	2.00E+07	Ausente
Paupina	UASB	6.62	449.02	-	165.00	2.10E+03	0.50
Pôr do sol	UASB	-	-	-	-	-	Ausente
Rosalina	UASB	7.35	304.47	-	110.00	9.80E+06	Aus
Rosa de Luxemburgo	UASB	7.55	477.18	-	82.00	1.00E+00	2.00
Aracapé III	UASB	7.40	1081.70	-	620.00	1.00E+00	3.50
Curió I e II	UASB	7.51	311.93	-	205.00	1.70E+07	Ausente
Lago Azul	UASB	7.07	334.60	-	198.00	3.70E+02	3.00
TCM	UASB	7.40	166.00	-	52.00	1.80E+06	Ausente
Zeza tijolo	UASB	7.44	444.90	-	112.00	2.40E+03	3.00
Lagoa da Zeza	UASB	6.88	742.70	-	297.50	2.00E+05	1.5
Jereissati III	LAG FAC	8.41	422.90	90.90	252.00	8.40E+05	Ausente
Conj. Esperança	LAG FAC	8.04	344.60	67.30	187.50	5.30E+05	Ausente
Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	8.85	194.10	114.90	74.00	5.80E+04	Ausente
Tupãmirim	LAG FAC + MAT	8.11	137.30	86.30	44.00	3.00E+03	Ausente
Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	8.33	252.50	71.00	132.00	1.10E+04	Ausente
Lagamar	LAG FAC	8.10	390.50	43.40	17.50	1.20E+06	Ausente
Cj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	7.75	380.20	162.40	122.50	5.50E+06	Ausente
Cj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	8.52	126.00	23.60	60.00	6.30E+02	Ausente
Cj. Ceará	LAG FAC	7.99	322.80	31.50	107.50	1.10E+06	Ausente
João Paulo II	LAG FAC	8.49	384.30	47.10	210.00	9.60E+05	Ausente
SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	8.31	217.00	98.60	57.50	1.70E+02	Ausente

## ANEXO D - DADOS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES - ABRIL/2016

abr/16							
ETE	SISTEMA	pH	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	E. coli NMP/100 mL	Cloro Residual (mg/L)
		Tratada	Tratada	Tratada Filtrada	Tratada		
Castelão (Boa Vista)	UASB	7.10	0.00	-	28.00	9.90E+01	Ausente
S. Miguel	UASB	7.25	274.94	-	69.00	1.00E+00	2.50
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	7.21	228.40	-	113.00	1.10E+06	2.50
Centro de Eventos	UASB	7.59	50.20	-	62.00	2.40E+05	Ausente
Dias Macedo	UASB	7.61	40.80	-	23.00	68.00	0.50
Riacho Doce	UASB	7.65	260.68	-	132.50	8.20E+04	2.50
Pindorama	UASB	6.75	500.94	-	200.00	5.70E+01	3.00
Sítio Santana	UASB	7.35	117.96	-	7.50	3.30E+02	2.50
Itaperí	UASB	7.41	375.70	-	130.00	2.40E+05	Ausente
Novo Mondubim II	UASB	6.81	218.50	-	112.00	1.60E+01	2.50
Conjunto José Walter III	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	8.19	339.80	38.60	232.20	2.00E+05	Ausente
Novo Barroso	UASB	6.71	114.10	-	56.00	1.00E+00	3.50
Pajuçara	UASB	7.55	220.25	-	82.50	6.90E+06	Ausente
Paupina	UASB	6.87	434.34	-	25.00	1.70E+04	2.00
Pôr do sol	UASB	7.56	460.40	-	172.50	2.00E+07	Ausente
Rosalina	UASB	7.30	208.35	-	47.50	4.60E+06	Ausente
Rosa de Luxemburgo	UASB	7.49	477.15	-	74.00	1.40E+02	2.00
Aracapé III	UASB	7.43	292.98	-	56.00	7300000.00	Ausente
Curió I e II	UASB	7.61	458.10	-	225.00	14000000.00	Ausente
Lago Azul	UASB	7.27	194.08	-	54.50	1.00	3.00
TCM	UASB	7.61	95.60	-	96.00	680000.00	Ausente
Zeza tijolo	UASB	-	-	-	-	-	Ausente
Lagoa da Zeza	UASB	7.21	196.46	-	135.00	4100.00	2.00
Jereissati III	LAG FAC	7.97	251.50	27.10	180.00	720000.00	Ausente
Conj. Esperança	LAG FAC	8.09	196.50	11.60	154.00	760000.00	Ausente
Pq. Fluminense	LAG ANA + FAC + MAT	9.56	169.20	61.50	81.00	6600.00	Ausente
Tupãmirim	LAG FAC + MAT	9.23	146.20	50.00	63.00	2300.00	Ausente
Mal Rondon	LAG ANA + FAC + MAT	8.51	165.70	23.10	110.00	22000.00	Ausente
Lagamar	LAG FAC	8.08	335.30	69.40	212.00	880000.00	Ausente
Cj. São Cristovão	LAG ANA + FAC + MAT	7.87	346.20	150.00	117.50	2600000.00	Ausente
Cj. Palmeiras	LAG ANA + FAC + MAT	9.18	103.80	15.40	37.00	410.00	Ausente
Cj. Ceará	LAG FAC	8.17	261.50	50.00	190.00	1300000.00	Ausente
João Paulo II	LAG FAC	8.46	280.80	69.20	132.00	680000.00	Ausente
SIDI	LAG ANA + FAC + MAT	8.33	114.20	49.60	8.00	3100.00	Ausente