

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

ENGENHARIA CIVIL

CASSIO FERNANDO DE SOUZA LEUNG

RAFAEL ALVES HIRAOKA

VINICIUS YAMASHIRO

**REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS EM
SHOPPING CENTER**

SANTOS – SP

2019

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

ENGENHARIA CIVIL

CASSIO FERNANDO DE SOUZA LEUNG

RAFAEL ALVES HIRAOKA

VINICIUS YAMASHIRO

**REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS EM
SHOPPING CENTER**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como exigência parcial para
obtenção do título de Engenheiro do curso
de Engenharia Civil à Universidade Santa
Cecília, sob orientação da Professora Me.
Rosa Marina Zárate Vilchez.

SANTOS – SP

2019

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais que são nosso maior incentivo e exemplo de vida.

Aos nossos professores e amigos mais próximos que de certa forma nos apoiaram durante toda essa etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter dado saúde e força para superar todas as dificuldades nessa etapa de nossas vidas.

Aos nossos pais, por todo incentivo, amor, apoio emocional e financeiro.

A nossa orientadora Prof. Me. Rosa Marina Zárate Vilchez, por sua disponibilidade, paciência e correções feitas para elaboração deste trabalho.

Ao Eng. Valdez Lopes, gerente geral do shopping center, por gentilmente ter nos recebido e fornecido informações sobre o shopping que nos ajudou na elaboração do nosso trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso sincero muito obrigado.

RESUMO

Devido ao crescimento populacional e ao uso mal planejado da água, os desafios de abastecimento no país tiveram um aumento bastante significativo. Após o período de Crise Hídrica, o reúso de águas servidas se torna importante e, cada vez mais, o tratamento de efluentes proveniente de esgotos destaca-se como uma fonte alternativa de água para fins não potáveis, utilizado principalmente em grandes centros urbanos, onde a demanda se torna cada vez mais elevada. Porém a falta de regulamentação nacional a esse devido assunto pode acarretar consequências indesejáveis como risco ao meio ambiente e a saúde pública. Este trabalho tem a finalidade de primeiramente elencar uma fundamentação teórica sobre a importância da água; crise hídrica; aspectos gerais, critérios de qualidade e tratamentos específicos do reúso de água. Posteriormente, apresenta o estudo de caso do sistema de tratamento de águas servidas de um grande centro comercial localizado em Santos/SP, detalhando todas as etapas dos processos que o efluente percorre até seu devido reúso e os resultados obtidos desde a implantação desse sistema.

Palavras chave: Importância da água; Crise Hídrica; Reúso de águas servidas.

ABSTRACT

Population growth and poorly planned water use, support challenges are not nearly significant. After the Water Crisis period, wastewater reuse becomes important and, increasingly, the treatment of proven sewage effluents stands out as an alternative source of non-potable flippers, mainly used in large urban centers, where the demand moves higher and higher. The lack of national action may be capable of posing undesirable risks as risks to the environment and public health. This work is an assessment of the technique of a matter of water; water crisis; The general quality criteria and the specific treatments of water reuse. Subsequently presents the case study of the treatment system of a large shopping center located in Santos / SP, detailing all stages of processes that affect performance due to the reuse of its results.

Keywords: Importance of water; Water Crisis; Wastewater reuse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de água doce e salgada no mundo.	14
Figura 2 - Porcentagem do total de água usada para irrigação.	15
Figura 3 - Consumo de água na fabricação de produtos.	16
Figura 4 - Ranking da relação uso/ disponibilidade de água previsto para 2040.	18
Figura 5 - Anomalias de chuva observadas (em mm).	20
Figura 6 - Séries de tempo de chuva na região do Cantareira.	21
Figura 7 - Distribuição do reúso de águas servidas.	22
Figura 8 - Reúso indireto não planejado da água.	23
Figura 9 - Reúso direto planejado da água.	24
Figura 10 - Classificação dos tipos de reúso.	25
Figura 11 - Parte da ETE/Reúso do Shopping Center em questão.	36
Figura 12 - Localização do Shopping Center.	39
Figura 13 - Estação de Tratamento de Esgoto.	39
Figura 14 - Fluxo simplificado do efluente pré ETE.	40
Figura 15 - Fluxograma da ETE/Reúso.	41
Figura 16 - Reservatório da PA e bombas de recalque pré ETE.	42
Figura 17 - Reservatório de armazenamento das águas das pias dos banheiros - Pré ETE.	42
Figura 18 - Peneira da ETE.	43
Figura 19 - Vista superior do reservatório de equalização.	44
Figura 20 - Caixas de baterias de eletrocoagulação.	44
Figura 21 - Processo de eletrocoagulação.	45
Figura 22 - Remoção do lodo floculado.	46
Figura 23 - Centrífuga do lodo.	46
Figura 24 - Depósito do lodo.	47
Figura 25 - Processo de filtração da água.	47
Figura 26 - Reservatórios de água tratada de 10.000 L e 15.000 L.	48
Figura 27 - Porcentagem do quanto de água da estação foi consumida em relação à água da concessionária.	49

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Classificação de instalações de tratamento de esgotos.	31
Quadro 2 - Economia mensal de água referente à 2018.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CT	Coliformes totais
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBOu	Demanda última de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
ETE	Estação de tratamento de esgotos
FIESP	Federação de Indústrias do Estado de São Paulo
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Praça de alimentação
pH	Potencial hidrogeniônico
POA	Processos oxidativos avançados
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WRI	World Resources Institute

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	14
2.2 CONSUMO DE ÁGUA NO MUNDO.....	15
2.3 APLICAÇÃO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO E PECUÁRIA.....	15
2.4 CONSUMO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS.....	16
2.5 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ÁGUA.....	16
2.6 DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA.....	17
2.7 CRISE HÍDRICA NO BRASIL.....	19
2.8 REÚSO DE ÁGUA.....	22
2.8.1 Aspectos gerais	22
2.8.2 Formas e classificações de reúso	23
2.8.2.1 <i>Reúso indireto não planejado da água</i>	23
2.8.2.2 <i>Reúso indireto planejado da água</i>	24
2.8.2.3 <i>Reúso direto planejado da água</i>	24
2.8.2.4 <i>Classificação</i>	25
2.8.3 Critérios de qualidade e regulação nacional para reúso de água	26
2.8.4 Parâmetros de qualidade para o reúso de água	26
2.8.4.1 <i>Parâmetros físicos</i>	26
2.8.4.2 <i>Parâmetros químicos</i>	28
2.8.4.3 <i>Parâmetros Biológicos</i>	30
2.8.5 Tratamentos para águas de reúso	31
2.8.5.1 <i>Tratamento de efluentes à nível secundário</i>	32
2.8.5.2 <i>Tratamento de efluentes a nível terciário</i>	34

3 METODOLOGIA	35
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO	35
3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA	35
3.3 ESTUDO DE CASO	36
3.4 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA.....	37
4 ESTUDO DE CASO: SHOPPING CENTER	38
4.1 CARACTERIZAÇÃO	38
4.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS E REÚSO (ETE/REÚSO).....	39
4.3 RESULTADOS.....	49
5 CONCLUSÃO	51
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a existência de vida na Terra. Está presente em todas as atividades cotidianas relacionadas ao homem, desde a irrigação até a geração de eletricidade através de usinas hidrelétricas. Sua importância e a necessidade de preservá-la e utilizá-la de forma racional, garantem seu acesso em condições de consumo a toda a população. Para uma vida saudável, é essencial que o homem tenha água disponível, durante toda a sua vida, esse recurso natural tão importante para a sobrevivência, pois onde não se tem água não se tem vida (MMA, 2005).

Como consequência do grande aumento populacional no último século e da falta de planejamento, ocasionou-se a escassez dos recursos hídricos. Nos dias atuais, o grande problema é que a água não está sendo devidamente aproveitada. Comparando termos de quantidade de recursos existentes no território, o Brasil possui o maior potencial hídrico do planeta, contudo a concentração geográfica dos mananciais não é igualitária e não se tem uma preocupação com a conservação destes (TELLES; COSTA, 2010).

Diante do aumento do consumo de água, desperdício e diminuição do nível de chuvas, em 2014, a região Sudeste foi a mais afetada com Crise Hídrica. O Sistema Cantareira, em São Paulo, que atende mais de 9 milhões de pessoas, foi o que mais sofreu com a estiagem. A partir desse período, os cidadãos começaram a se conscientizar em relação ao consumo de água e passaram a investir mais em sistemas de reúso de água, prevenindo-se de problemas futuros tanto no sentido sustentável quanto financeiro (MAGALHÃES, 2018).

Assim, este estudo tem como finalidade, o tratamento local de efluentes em estabelecimentos como indústrias, shopping centers, edifícios corporativos e outros empreendimentos de grande porte. Nesse contexto, o reúso mostra-se como uma estratégia sustentável e econômica a longo prazo, garantindo segurança e autonomia hídrica, especialmente em regiões e situações de estresse hídrico ou escassez hídrica. Esta prática incita uma mudança profunda no paradigma do tratamento de efluentes e esgotos, de tratamento e disposição para reúso e recuperação de recursos (BALASSIANO, 2018).

O estudo de caso em questão refere-se ao sistema de reúso de águas servidas de um Shopping Center, localizado em Santos-SP, onde em 2015, foi implantada uma estação de tratamento de água servida, onde todo efluente das lojas da Praça de Alimentação (PA) e das pias dos banheiros é tratado no subsolo do shopping e, posteriormente, reutilizando-o fornecendo o abastecimento para todas as caixas das bacias sanitárias dos banheiros.

1.1 JUSTIFICATIVA

A preocupação com a escassez dos recursos hídricos e o mau aproveitamento da água, levou determinado shopping center a buscar meios de economizar o consumo de água. Portanto, o estudo de práticas alternativas, em busca de melhorias, como o sistema de reaproveitamento de água servida, torna-se uma prática econômica e sustentável importante a ser estudada.

1.2 OBJETIVOS

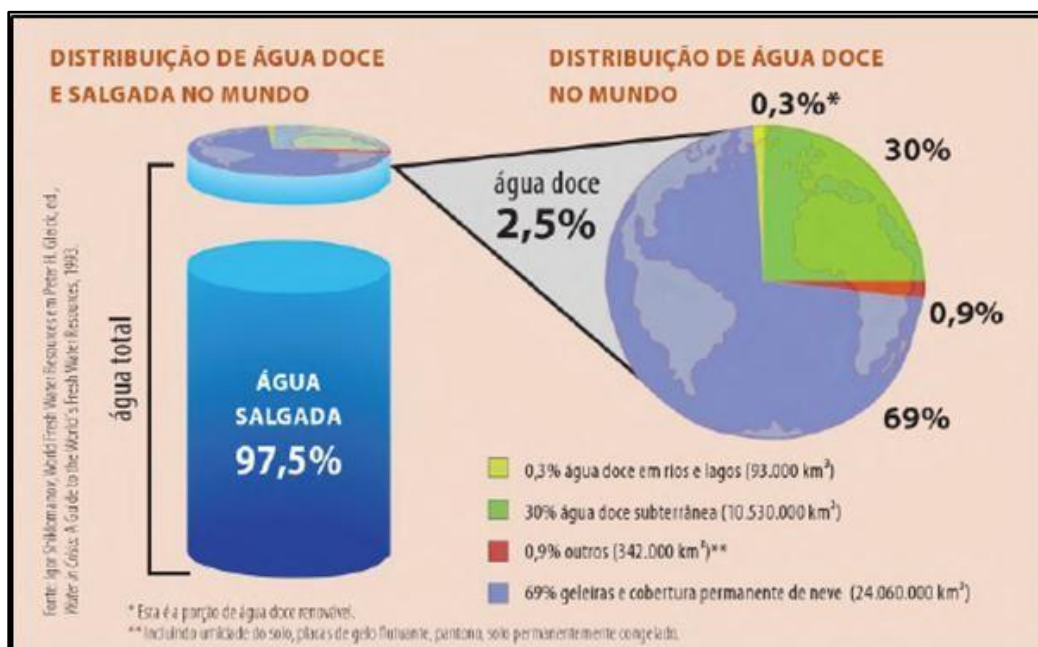
- a) Estudar a viabilidade econômica e a sustentabilidade para a implantação de um sistema próprio de tratamento de água em estabelecimentos de grande porte.
- b) Identificar as tecnologias, processos e sistemas utilizados para o tratamento local das águas servidas da praça de alimentação.
- c) Comparação econômica do antes e depois da implantação do sistema no local.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é o principal fator responsável pela vida humana na Terra. Antigamente, a água era vista pelos homens como um recurso infinito devido à grande disponibilidade da mesma. Contudo, conforme a Figura 1, em relação aos principais volumes de água estocados na Terra, 97,5% do volume total de água formam os oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. E destes 2,5%, ressalta-se que 68,9% formam as calotas polares, as geleiras, neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra. Os 29,9% restantes constituem as águas subterrâneas doces. A unidade dos solos e as águas dos pântanos representam cerca de 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3% (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Figura 1 - Distribuição de água doce e salgada no mundo.



2.2 CONSUMO DE ÁGUA NO MUNDO

Atualmente, há mais de 7 bilhões de pessoas vivendo na Terra. Entre 1900 e 2000, o aumento na população mundial foi 3 vezes maiores do que toda a história da humanidade anterior a este período – um aumento de 1,5 bilhão para 6,1 bilhão em apenas 100 anos (ONU, 2015).

A forma como a população mundial vem crescendo é de grande importância para o impacto da humanidade no meio ambiente e desenvolvimento da Terra. Esta explosão demográfica no século XX, fez com que, simultaneamente, o consumo de água aumentasse intensamente nas últimas décadas (BARNES, 2013).

Em 1950, o consumo de água estava perto de 1200 km³. No ano 2000, a população dobrou para cerca de 6 bilhões, mas o consumo de água mais que quadruplicou atingindo cerca de 5 200 km³ (RIBEIRO, 2008).

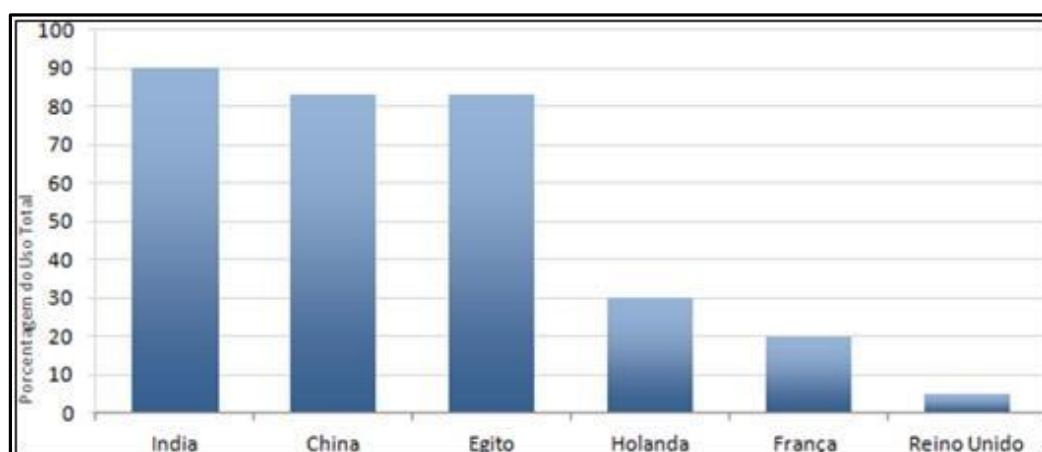
2.3 APLICAÇÃO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO E PECUÁRIA

O crescimento exponencial no número de pessoas exige que a agricultura e a pecuária se intensifiquem de forma acentuada, tendo em vista o aumento da necessidade de produção de alimentos.

Em contexto geral, estudos indicam que até 2020 o aumento do uso da água será de 40%, sendo que sua aplicação na agricultura crescerá 17% para permitir a produção de alimentos, como mostrado na Figura 2 (UNEP, 2002).

Como podemos observar nesta imagem, a Índia é o país que mais consome água direcionada à irrigação, seguido de China e Egito.

Figura 2 - Porcentagem do total de água usada para irrigação.



Fonte: Saejis, H.F.L & Van Berkel, M. J (1995).

Com essa futura expansão, a agricultura irrigada se tornará uma questão preocupante devido ao seu elevado consumo e as restrições de disponibilidade de água. (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

2.4 CONSUMO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS

Além de ser matéria-prima essencial para a vida, a água está em tudo o que consumimos. É do conhecimento de poucas pessoas, mas para produção de um quilo de carne bovina são necessários 15 000 litros de água, para produzir uma calça jeans são gastos mais 11 000 litros do precioso líquido. Já no processo produtivo de um automóvel, o consumo demanda algo em torno de 400 000 litros de água (Figura 3). (FURLAN e VIEIRA, 2015).

Figura 3 - Consumo de água na fabricação de produtos.



Fonte: Planeta Sustentável (2004).

2.5 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ÁGUA

Atualmente, muitos confrontos pelo mundo são gerados pela disputa de petróleo, mas estudos preveem que em breve a água será a causa principal desses conflitos, pois no Oriente Médio e na África já existem indícios dessa tensão e a tendência é se alastrar para outras regiões (ESPADA, 2014).

Entre os países, o Brasil é privilegiado com 12% da água doce superficial no mundo e os brasileiros que sempre consideraram beneficiados de fontes inesgotáveis, já presenciaram algumas de suas cidades sofrerem com a falta de água e a distribuição desigual da mesma é a maior causa do problema. (ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, 2008).

O setor agrícola é o maior consumidor de água. Ao nível mundial a agricultura consome cerca de 70% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos), e os outros 30% pelas indústrias e uso doméstico. (CARVALHO, 2011).

Apesar dessa grande porcentagem do consumo de água no setor agrícola, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos e, daqui a alguns anos, estima-se que o consumo de água para esse setor seja mais elevado na América do Sul, África e Austrália.

Outro fator preocupante é o saneamento básico que não é implementado de forma adequada, pois 80% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais são lançados nos rios, açudes e águas litorâneas sem tratamento correto, o que tem gerado um nível de degradação muito grande. (ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, 2008).

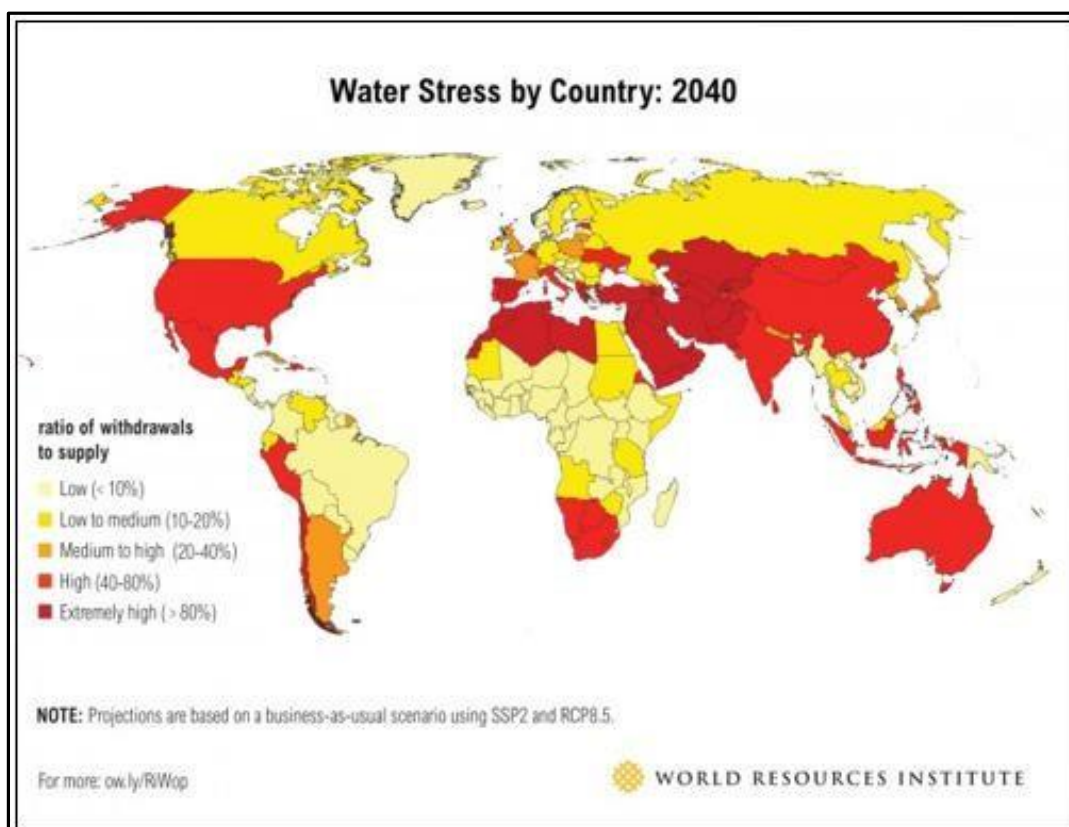
2.6 DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA

No âmbito da escassez mundial da água, suas causas são divididas em dois tipos: escassez econômica e escassez física.

A escassez econômica ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infraestrutura e distribuição desigual de água. A escassez física ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população. Regiões áridas são as mais associadas com a escassez física: em torno de 25% da população mundial vive em bacias hidrográficas onde há escassez física de água. Um bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas onde a água é economicamente escassa. (CIRILO, 2015, p. 48).

Um estudo realizado em 2015 (Figura 4) pelo WRI, visou estabelecer um ranking de stress hídrico para 167 países nos anos de 2020, 2030, 2040. Os resultados mostram que 33 países (em vermelho no mapa) sofrerão um stress hídrico extremamente alto em 2040. (Maddocks, Young & Reig, 2015 apud. CIRILO, 2015, p.48).

Figura 4 - Ranking da relação uso/ disponibilidade de água previsto para 2040.



Fonte: WRI, 2015 apud CIRILO (2015).

Quando observada a totalidade das reservas, sem análise das diferenças regionais, o Brasil apresenta situação de disponibilidade hídrica privilegiada: detém mais da metade da água da América do Sul e 13% do total mundial, inclusive cerca de 2/3 de um manancial subterrâneo conhecido como Aquífero Guarani, localizado no centro-leste do continente Sul-Americano, com extensão superior à da Inglaterra, França e Espanha juntas. (CIRILO, 2015, p.49).

No Brasil o agravante acontece quando se quantificam os recursos hídricos nas diferentes regiões do país. Esse cenário apresenta problemas relacionados à má distribuição desses recursos em escala intra e inter-regional, sendo afetados tanto pela escassez quanto pela abundância, como também pela degradação causada em decorrência da poluição de origem doméstica e industrial. O quadro de escassez se manifesta principalmente no Nordeste, na parte do seu território designado como semiárida. (CIRILO, 2015, p.49).

2.7 CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Desde o começo de 2014, o Brasil entrou em um período conturbado em seus sistemas de abastecimento de água, em especial, a região Sudeste, que adquiriu uma clara percepção dessa realidade em função da seca que o assola. Outras regiões ou estados do Brasil, como o Nordeste, já vivenciaram e vivenciam até hoje esse fenômeno, e até o Amazonas e o Pantanal têm sofrido, esporadicamente, com estiagens prolongadas. (MARENGO et al., 2015).

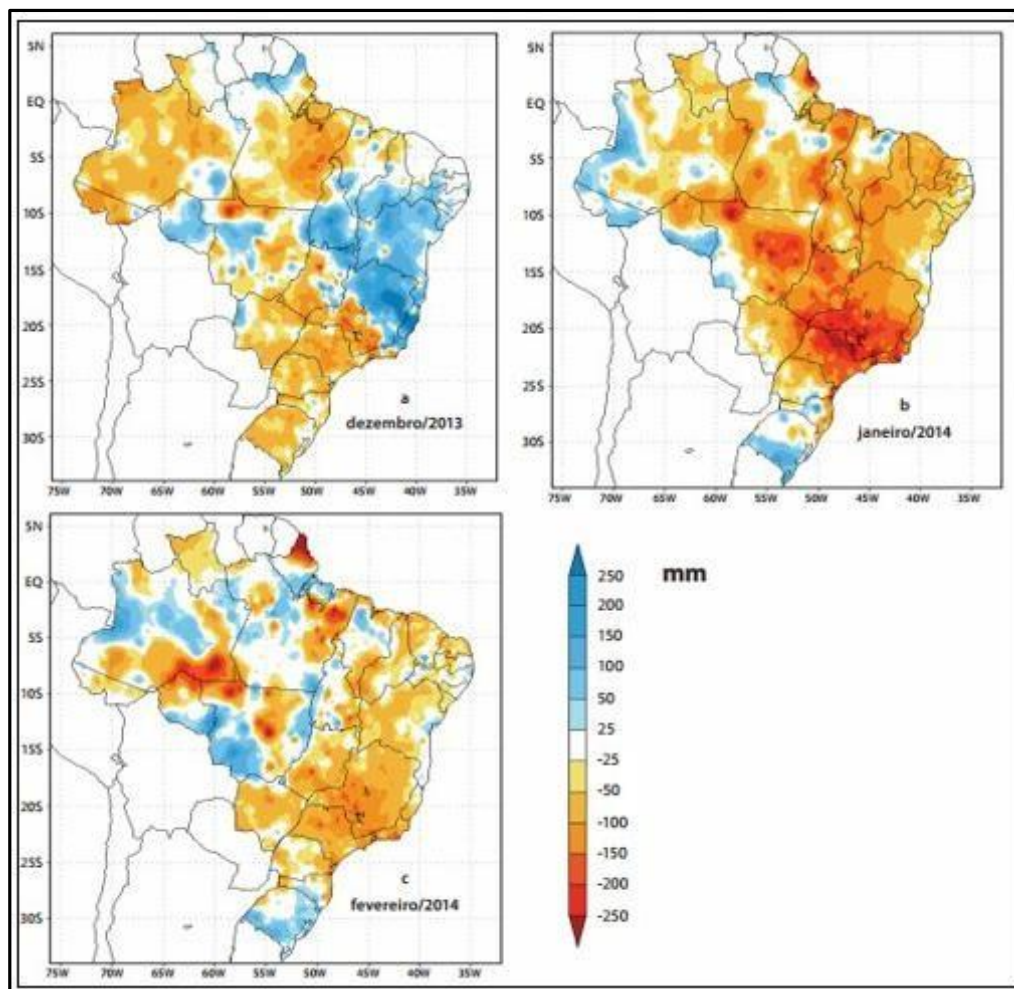
Recentemente, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) vivenciou uma das maiores secas da sua história e podemos enumerar suas principais causas como sendo a combinação de baixos índices pluviométricos, principalmente durante os verões de 2013-2014 e 2014-2015, o grande crescimento da demanda de água, a ausência de planejamento adequado para o gerenciamento do recurso hídrico e a ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água têm gerado a denominada “crise hídrica”. Pode-se dizer que esta era uma “crise anunciada” em função da demanda crescente e do histórico de situações hídricas semelhantes (por exemplo, durante a “crise do apagão”, em 2001-2002). (MARENGO et al., 2015).

Esse reflexo gerou baixos acumulados pluviométricos sobre a maior parte do estado de São Paulo e, em particular, sobre a região do Sistema Cantareira, que gerou um reflexo significativo na disponibilidade hídrica dos reservatórios.

O complexo de represas do Cantareira, considerado um dos maiores sistemas de abastecimento de água potável do mundo, produz 33 mil litros de água por segundo para o abastecimento de cerca de 8,8 milhões de pessoas residentes na RMSP e de cidades nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ANA, 2014 apud MARENGO et al., 2015).

Podemos observar na imagem a seguir (Figura 5) os índices pluviométricos no Brasil para o período de dezembro de 2013 (a), janeiro e fevereiro de 2014 (b, c).

Figura 5 - Anomalias de chuva observadas (em mm).

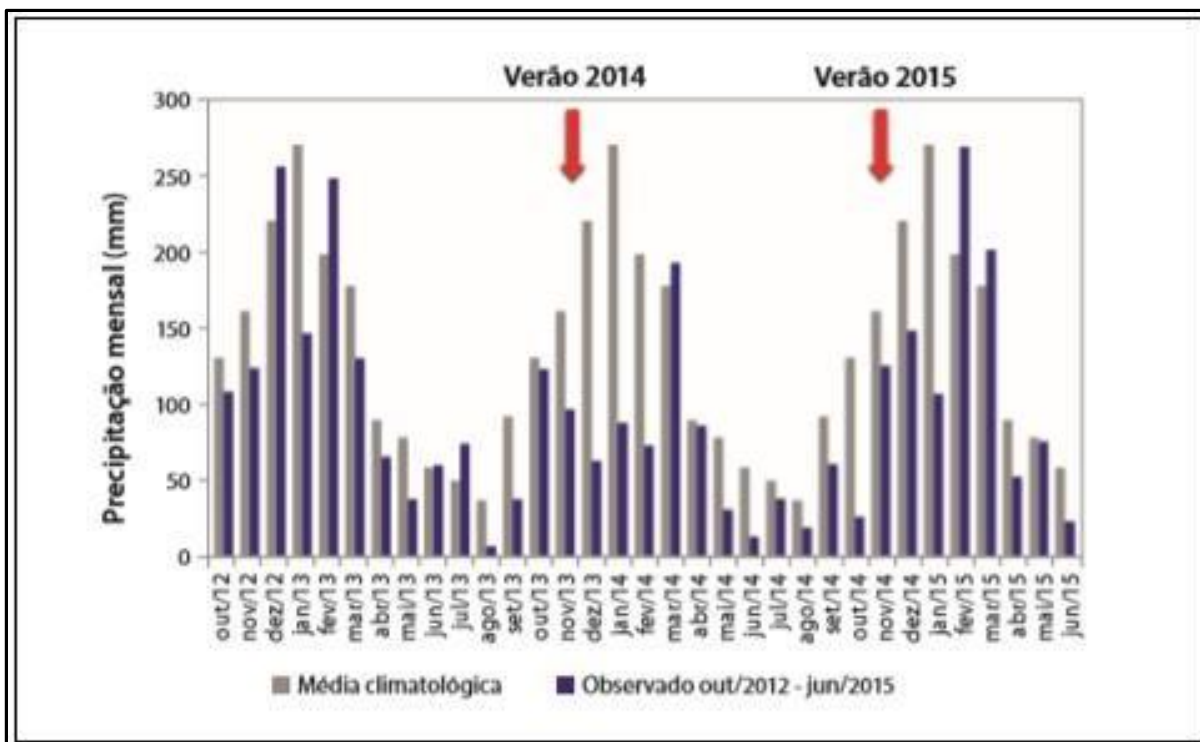


Fonte: CPTEC/Inpe, INMET, Cemaden, Sabesp apud. Marengo et al., (2015).

Segundo Marengo et. al., 2015, ao ser observado os estudos metrológicos realizados na região do sistema Cantareira em São Paulo, foi constatada a presença de um sistema de alta pressão anormalmente intenso e prolongado localizado sobre o Oceano Atlântico, cuja influência se estendeu sobre a Região Sudeste. Sistemas desse tipo são denominados normalmente como “bloqueios”. Entretanto, as evidências mostram que a presença de temperaturas regionais mais elevadas pode ter contribuído para a severidade ou persistência da seca em 2014.

Na Figura 6 temos um comparativo do índice pluviométrico desde outubro de 2012 até junho de 2015.

Figura 6 - Séries de tempo de chuva na região do Cantareira.



Fonte: CEMADEN apud. MARENGO et. al., (2015).

A seca de 2014 levou a uma redução significativa dos recursos hídricos, e conseqüentemente a uma diminuição do abastecimento de água à população da região da Grande São Paulo, com algumas partes da região sendo forçadas a depender de caminhões-pipa. Segundo Marengo et. al., 2015, não é possível falar em crise hídrica sem pensar também em seus impactos na economia. A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp estima que 60 mil estabelecimentos, que representam quase 60% do PIB industrial do estado, sejam afetados pela falta de água. Além disso, indústrias e comércios precisaram alterar hábitos e procedimentos, o que afetará sua competitividade, produtividade e lucro.

Algumas atitudes que envolvem o nível governamental, comunitário e individual, devem ser tomadas para enfrentar a escassez de água e no capítulo seguinte deste trabalho será dada ênfase no reúso de águas servidas.

2.8 REÚSO DE ÁGUA

2.8.1 Aspectos gerais

Após o período da crise hídrica, algumas possibilidades começaram a ser adotadas em busca de novas alternativas na gestão hídrica como: identificação e o reparo de perdas por transmissão nas redes de abastecimento; adoção de equipamentos hidráulicos mais eficientes com difusores e redutores de pressão e/ou vazão, ocasionando menor consumo de água por equipamento; o aproveitamento de águas pluviais e o planejamento e a implantação de infraestrutura para o reúso de águas servidas (RODRIGUES, 2005).

Pode-se definir que o reúso de água é um processo pelo qual a água, sendo tratada ou não, é reutilizada para os mesmos fins ou outros menos nobres como: irrigação de jardins; lavagem de vias e pátios industriais; abastecimento das caixas das bacias sanitárias dos banheiros, etc. Também pode ser considerado como parte de uma atividade, que seria o uso eficiente da água ou racional, o qual também pode se compreender a minimização da produção do consumo de água e efluentes e o controle de perdas e desperdícios (MANCUSO; DOS SANTOS, 2003).

Conforme Nobre, as águas servidas são as águas provenientes da totalidade do esgoto doméstico ou comercial, derivadas dos vasos sanitários, chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas, pias de cozinha e lavagem de automóveis. Para fins de separação e reúso, as águas servidas compõem-se das águas negras (vasos sanitários e pias de cozinha) e águas cinzas (chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas e lavagem de automóveis), conforme ilustrado na figura 7.

Figura 7 - Distribuição do reúso de águas servidas.



Fonte: NOBRE (2013).

Em realidade a zonas urbanas, esse tipo de prática e a conservação da água para abastecimento de cidades, são soluções pouco utilizadas, mas possuem potencial positivo no ciclo urbano hidrológico. O principal ponto desse exemplo é que invés dessa água ser tratada e reutilizada no local, ela é desperdiçada logo após o consumo e retorna ao ambiente na forma de esgoto. (NOBRE, 2013).

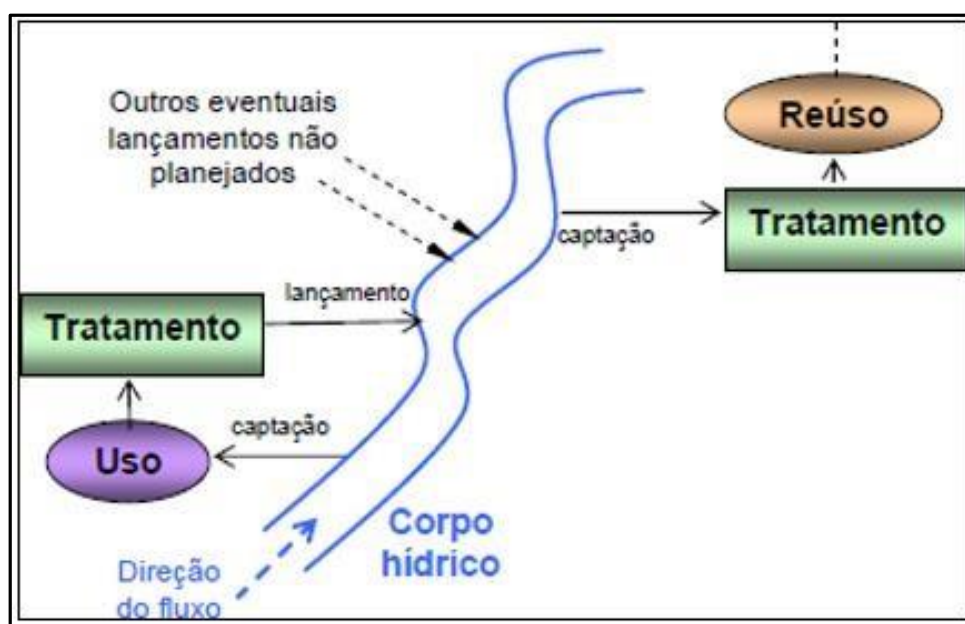
2.8.2 Formas e classificações de reúso

Segundo Mancuso; Dos Santos (2003), a seguinte terminologia para diversas formas de reúso são: reúso indireto não planejado da água; reúso indireto planejado da água e reúso direto planejado da água.

2.8.2.1 Reúso indireto não planejado da água

Ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada, conforme figura 8. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

Figura 8 - Reúso indireto não planejado da água.



Fonte: RODRIGUES (2005).

2.8.2.2 Reúso indireto planejado da água

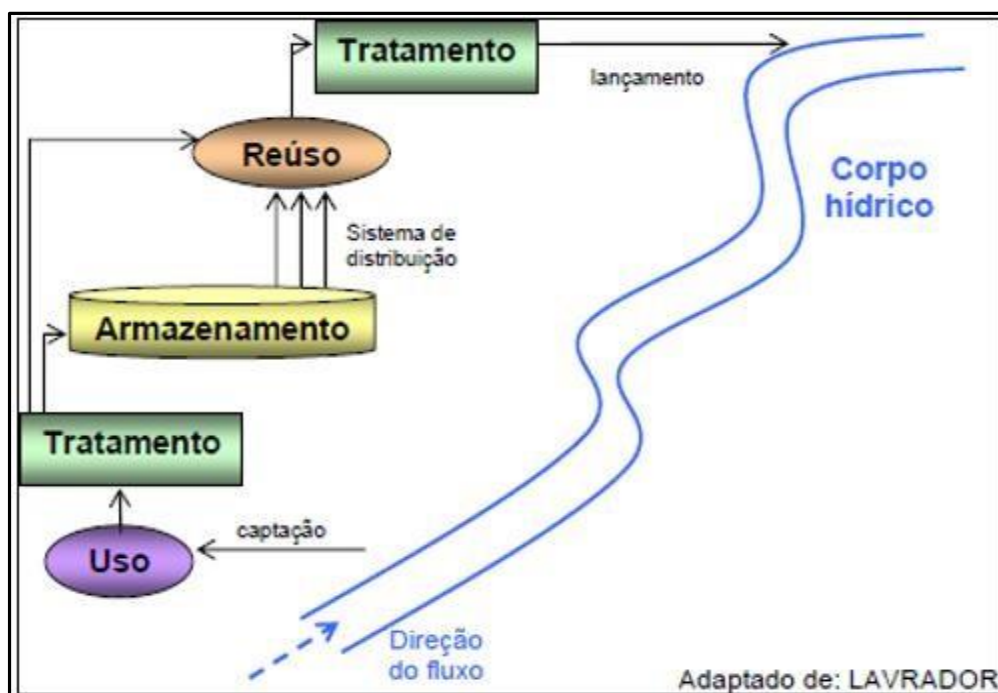
Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas à jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reúso objetivado.

2.8.2.3 Reúso direto planejado da água

Ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente (ilustrado na figura 9). É o caso de maior ocorrência na indústria e na irrigação.

Figura 9 - Reúso direto planejado da água.

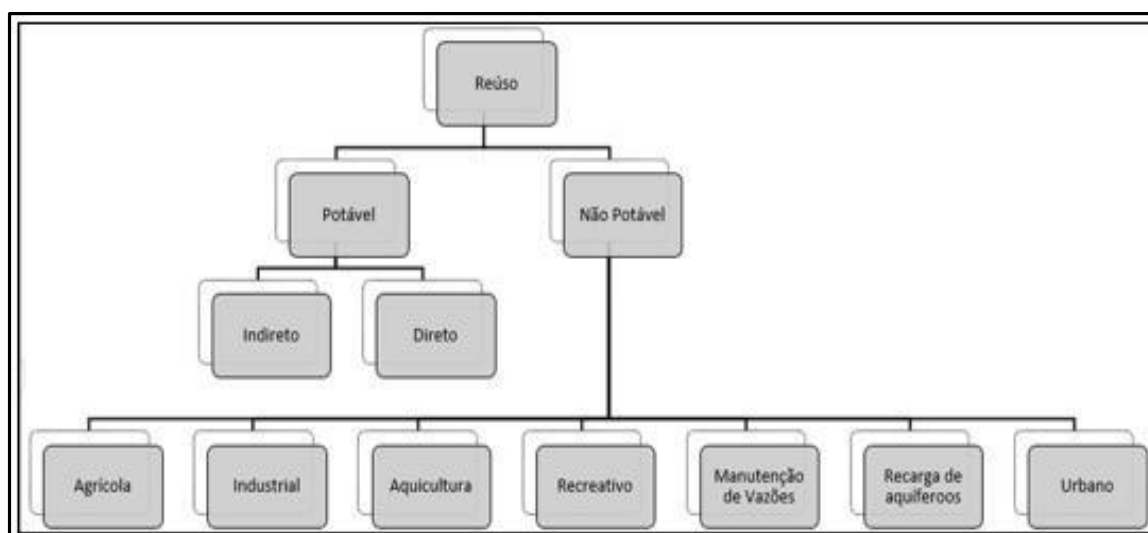


Fonte: RODRIGUES (2005).

2.8.2.4 Classificação

A classificação proposta pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental é a mesma adotada por Westerhoff (1984) apud Brega Filho e Mancuso (2003), em que o reúso pode-se dividir em duas partes: potável (direto e indireto) e não potável destinado a diversas finalidades, tendo em vista que na maioria dos usos, não há necessidade da água ser potável como mostra a figura 10.

Figura 10 - Classificação dos tipos de reúso.



Fonte: WESTERHOFF (1984).

Reúso potável

- a) Direto: quando as águas residuárias recuperadas, por meio de tratamento avançado, são diretamente reutilizadas no sistema de água potável.
- b) Indireto: as águas residuárias após tratamento são dispostas na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequentemente captação, tratamento e finalmente utilizadas com água potável. (MANCUSO; DOS SANTOS, 2003).

Reúso não potável

- Para fins agrícolas: Esgoto pode ser tratado ou lançado in natura na irrigação de plantas alimentícias, cereais em geral e plantas não alimentícias.

- Para fins industriais: Esgoto sofre diversos processos de tratamento para uso em refrigeração, águas de processo ou caldeiras.

- Para fins urbanos: casos de reúso de água para rega de jardins, plantas ornamentais, campos de esportes e parques, para descargas sanitárias, lavagem de pavimentos e veículos, e enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.

- Para manutenção de vazões: Lançamento de esgoto devidamente tratado em corpos hídricos que se beneficiam do incremento de vazão para diluição de cargas poluidoras. Utilização de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras em cursos de água, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

- Para fins recreacionais: Aplicação do esgoto tratado em corpos d'água com padrão recreacional e na irrigação de parques e jardins públicos, campos de esportes, etc.

- Para aquicultura: Esgoto pode ser tratado ou lançado in natura na produção de peixes e plantas aquáticas que se beneficiam dos nutrientes presentes no efluente.

- Para recarga de aquíferos subterrâneos, podendo ocorrer indiretamente (irrigação) ou diretamente (por injeção sob pressão). (MANCUSO; DOS SANTOS, 2003).

2.8.3 Critérios de qualidade e regulação nacional para reúso de água

Um fator que vem dificultando a aplicação da prática do reúso de água é que o Brasil ainda não possui uma normatização técnica específica para o caso e de modo geral são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas por instituições privadas. Com essa falta de legislação, acaba dificultando o trabalho de profissionais, podendo colocar a saúde da população em risco devido à falta de suporte técnico para implantação dos sistemas de reúso e a respectiva fiscalização dos mesmos (MANCUSO; DOS SANTOS, 2003).

2.8.4 Parâmetros de qualidade para o reúso de água

2.8.4.1 Parâmetros físicos

a) Cor

O parâmetro cor é dividido em duas parcelas, a cor verdadeira e a cor aparente. A cor verdadeira da água consiste em sólidos orgânicos e inorgânicos dissolvidos e na cor aparente pode estar incluída uma parcela devida à turbidez da água.

A presença desse parâmetro não representa risco direto à saúde, porém interfere na aceitação da água de reúso pela população. No entanto, a cloração de águas envolvendo matéria orgânica dissolvida pode dar origem a subprodutos potencialmente cancerígenos (VON SPERLING, 2005).

b) Turbidez

A turbidez exerce o grau de interferência da passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva a mesma. Os sólidos que ficam suspensos são os constituintes responsáveis por este parâmetro. Assim como a cor, a turbidez não representa risco direto à saúde, porém é esteticamente desagradável. (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

c) Sólidos presentes na água

Praticamente todos os contaminantes da água, contribuem para a carga de sólidos, com exceção dos gases dissolvidos. De maneira simplificada, as partículas sólidas presentes na água podem ser classificadas:

Por tamanho e estado

- Sólidos dissolvidos
- Sólidos coloidais
- Sólidos em suspensão

Pelas características químicas

- Sólidos voláteis
- Sólidos fixos

Pela sedimentabilidade

- Sólidos sedimentáveis
- Sólidos não sedimentáveis

Em âmbito geral, são apontados como sólidos dissolvidos aqueles que possuem diâmetro inferior a 10⁻³ mm, como sólidos coloidais, aqueles com diâmetro entre 10⁻³ mm e 1 mm, e como sólidos em suspensão aqueles com diâmetro superior a 1 mm. Na prática, devido à dificuldade de determinação da fração coloidal pelos métodos simplificados, sua grande maioria é considerada como sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

Os sólidos dissolvidos totais estão relacionados ao aparecimento de incrustações, corrosões de materiais e salinização do solo.

Os sólidos voláteis consistem no material que pode ser volatilizado quando submetido à temperatura de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$, de modo geral considera-se esta fração como sendo de origem orgânica. Os demais são classificados como sólidos fixos, representando a fração inorgânica ou mineral (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

2.8.4.2 *Parâmetros químicos*

a) Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH detém a concentração de íons hidrogênio, dando uma indicação da condição de acidez ou alcalinidade da água, numa faixa de 0 a 14. Isso relaciona-se à fatores naturais como dissolução de rochas, absorção de gases, oxidação de matéria orgânica, fotossíntese, bem como à fatores antropogênicos como despejos domésticos e industriais. Não tem implicações em termos de saúde pública caso permaneça próximo a 7, que corresponde a neutralidade, já o pH baixo (acidez) potencializa a ocorrência de corrosão nas tubulações e peças, enquanto que valores de pH elevados (alcalinidade) facilita o surgimento de incrustações nas tubulações e podem estar associados à proliferação de algas (VON SPERLING, 2005).

b) Nitrogênio

Elemento que pode se apresentar em diversas formas, sendo: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia livre (NH_3) e ionizada (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Pode originar-se de forma natural (proteínas e outros compostos biológicos) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). O nitrogênio é um nutriente essencial ao crescimento de algas e quando em elevadas concentrações pode causar eutrofização do meio aquático. O processo de conversão da amônia a nitrito e posteriormente a nitrato consome oxigênio dissolvido do meio, podendo afetar a vida aquática. Além disso, a amônia livre é diretamente tóxica aos peixes (VON SPERLING, 2005).

c) Fósforo

O fósforo pode ser de origem natural (compostos do solo, decomposição de matéria orgânica e composição celular de microrganismos) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais, detergentes, fertilizantes e excremento animal). Assim como o nitrogênio, também é um elemento essencial para o crescimento de algas e atingindo elevadas concentrações, pode causar eutrofização do meio aquático. (VON SPERLING, 2005; JORDÃO E PESSÔA, 2011).

d) Matéria orgânica

A matéria orgânica que se encontra nos esgotos é a causadora do principal problema decorrente da poluição nos corpos d'água: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Segundo Metcalf e Eddy (2003), as substâncias orgânicas nos esgotos são compostas principalmente por:

- Compostos de proteínas (40% a 60%)
- Carboidratos (25% a 50%)
- Gorduras e óleos (8% a 12%)
- Uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas, metais e outros (menor quantidade).

A determinação da matéria orgânica carbonácea pode ser dividida quanto à sua forma (suspensão ou dissolvida) e quanto a sua biodegradabilidade (inerte ou biodegradável). Essa determinação pode se dar por métodos indiretos (medição do consumo de oxigênio) ou diretos (medição do carbono orgânico total – COT). Dentre os métodos indiretos estão a determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), da Demanda Última de Oxigênio (DBOu) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Em relação aos métodos citados anteriormente, um dos mais utilizados para a caracterização de efluentes é a DBO. Ela retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea; portanto, é um indicador do carbono orgânico biodegradável (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), os esgotos domésticos possuem uma DBO média de 300 mg/L. A Resolução CONAMA 430/2011 determina que para o lançamento de efluentes de ETEs o valor máximo de DBO de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo

de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

e) Óleos e graxas

Óleos e graxas nos esgotos domésticos provenientes dos óleos e gorduras utilizados nas comidas são fatores importantes, pois podem inibir o tratamento biológico devido à sua baixa solubilidade, e causar obstrução nas redes e objeção do consumidor. No entanto, são facilmente removidos nos sistemas de tratamento, caso não sejam removidos, podem vir a interferir na vida de organismos nas águas superficiais e criar filmes invisíveis, dificultando as trocas gasosas (METCALF E EDDY, 2003).

2.8.4.3 Parâmetros Biológicos

Em águas residuais ou superficiais, alguns organismos são encontrados sendo eles: fungos, bactérias, algas, plantas, protozoários, vírus e animais. Em relação à qualidade da água, os organismos de dimensões microscópicas são de especial interesse, devido à patogenicidade de alguns indivíduos. Organismos patogênicos são excretados por humanos e animais portadores ou infectados com uma doença em particular. Estes organismos podem pertencer a quatro grupos principais: bactérias, protozoários, helmintos e vírus (METCALF E EDDY, 2003).

a) Organismos indicadores

Microrganismos patogênicos geralmente estão presentes em pequenas quantidades nas águas, o que dificulta o isolamento e detecção dos mesmos, assim, utiliza-se organismos mais numerosos e fáceis de serem testados como indicadores da presença de patógenos.

Vários organismos são utilizados como indicadores, como por exemplo, bactérias do grupo coliformes, estreptococos fecais, clostrídias redutores de enxofre (indica a possível sobrevivência de patógenos à desinfecção), bacteriófagos (indica a possível presença de vírus) e ovos de helmintos, este último é um parâmetro importante para avaliar o uso da água para irrigação, onde os trabalhadores podem ter contato direto com a água e os consumidores virem a ingerir estes organismos (VON SPERLING, 2005).

Dentre os organismos mais utilizados como indicadores estão as bactérias do grupo coliforme. Os coliformes totais (CT) foram os primeiros indicadores da poluição humana adotados, no entanto como não são de origem exclusivamente do trato intestinal humano e de animais, não indicam necessariamente a presença de organismos patogênicos (JORDÃO E PESSÔA, 2011). Os coliformes fecais ou termotolerantes (CTer) são um subgrupo dos CT, composto praticamente de organismo de origem fecal. A *Escherichia coli* é o único coliforme exclusivo da flora intestinal de animais de sangue quente, dando a certeza de contaminação fecal, estes organismos também apresentam algumas cepas patogênicas (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

2.8.5 Tratamentos para águas de reúso

As instalações de tratamento de esgoto segundo Jordão e Pessoa (2011), são classificadas em função da demanda bioquímica de oxigênio proveniente de uma ou mais unidades de tratamento e do grau de redução dos sólidos em suspensão, ilustrado no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de instalações de tratamento de esgotos.

Tratamento preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de sólidos grosseiros; • Remoção de gorduras; • Remoção de areia.
Tratamento primário	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentação; • Flotação; • Sistemas anaeróbios (lagoa anaeróbia, tanque séptico, tanque Imhoff, reator anaeróbio de fluxo ascendente); • Digestão do lodo e secagem do lodo;
Tratamento secundário	<ul style="list-style-type: none"> • Filtração biológica; • Processos de lodos ativados; • Lagoas de estabilização aeróbias (facultativa, aerada).
Tratamento terciário	<ul style="list-style-type: none"> • Processos de remoção de organismos patogênicos; • Processos de remoção de nutrientes; • Processos de tratamento avançado (filtração final, adsorção por carvão, membranas).

Fonte: (JORDÃO E PESSOA, 2011).

O objetivo no tratamento secundário consiste na remoção da matéria orgânica biodegradável e sólidos suspensos; filtração e desinfecção buscam remover patógenos e nutrientes, enquanto a remoção de traços e elementos são realizados por processos oxidativos avançados (POAs). (USEPA, 2012).

No caso do reúso de efluentes nas estações de tratamento de esgoto, o nível de tratamento requerido, depende do uso pretendido e recomenda-se que as águas residuais sejam tratadas, no mínimo, a nível secundário. Entretanto, com o crescente potencial de contato humano, podem ser efetuados tratamentos mais avançados. Na maioria dos casos, a qualidade da água adequada pode ser alcançada através de tratamento convencional (secundário, filtração e desinfecção). Também é sugerido que, independentemente do tipo de água utilizada para reúso, deva haver algum nível de desinfecção para evitar consequências adversas à saúde provenientes de eventual contato acidental ou intencional com a água de reúso. (USEPA, 2012).

Para o tratamento terciário, dois sistemas principais são sugeridos por Metcalf e Eddy (2003) que atendem aos critérios de qualidade de água para uso irrestrito proposto pela USEPA, sendo:

- Tratamento completo: o efluente secundário passa por um tratamento adicional envolvendo a coagulação, floculação, clarificação, filtração e desinfecção.

A remoção de bactérias, sólidos e vírus entéricos é substancial, obtendo um efluente livre de vírus. Só que a desvantagem desse processo é o custo elevado na etapa de clarificação e o manejo dos sólidos.

- Filtração direta: É semelhante ao tratamento completo, mas envolve a etapa de clarificação.

2.8.5.1 Tratamento de efluentes à nível secundário

As principais tecnologias de tratamento de esgotos utilizadas no Brasil, segundo Florencio, Bastos e Aisse (2006), se encontram descritas sucintamente a seguir.

Reator UASB: são reatores anaeróbios que utilizam biomassa suspensa ou aderida, denominada manta de lodo, para a degradação da matéria orgânica presente no esgoto afluente. O fluxo do líquido é ascendente.

Lodos ativados (LA): os tanques de lodo ativado possuem biomassa em suspensão, é necessária grande agitação e aeração, de forma a intensificar o contato entre a matéria orgânica e os microrganismos. Logo após passar pelo processo de sedimentação secundária, a maior parte do lodo produzido volta ao tanque de aeração enquanto o restante é encaminhado para tratamento específico ou destino final.

Filtro biológico percolador (FBP): constituído de um grande tanque preenchido com uma massa de sólidos, denominada “meio suporte”, ao qual biomassa cresce aderida. O esgoto percola, continuamente, pelos interstícios do meio suporte, enquanto os microrganismos retêm a matéria orgânica pelo fenómeno de adsorção (processo pelo qual átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de sólidos através de interações de natureza química ou física), degradando-a através de uma oxidação bioquímica (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

Biofiltro aerado submerso (BAS): tem seu interior preenchido por meio filtrante, onde a biomassa cresce aderida, este é mantido em condições de aerobiose através de mecanismos de aeração contínua.

Lagoa anaeróbica: a estabilização ocorre sem o consumo de oxigênio dissolvido, e sim por digestão ácida e fermentação mecânica (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Lagoa facultativa (LF): possui uma zona aeróbia superior, onde ocorrem a oxidação aeróbia e a redução fotossintética da matéria orgânica, e uma zona anaeróbia na camada de fundo. A camada intermediária é dita facultativa, predominando os processos de oxidação aeróbia e fotossintética (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Lagoa facultativa aerada: os mecanismos de remoção de DBO são similares aos de uma lagoa facultativa, porém o oxigênio é introduzido no meio por aeradores mecânicos. O que diminui a demanda uma área em relação às lagoas facultativas (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Lagoa de polimento (LP): constitui uma unidade de pós-tratamento para efluentes de reatores UASB, além de possuir a capacidade de redução de nutrientes e patógenos, assim como a lagoa de maturação, ainda contribui na remoção de DBO (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Lagoa de decantação (LD): objetiva a remoção adicional de sólidos suspensos em efluentes com altos teores, antes de sua disposição no corpo receptor DBO (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Tanque séptico (TS): os sólidos suspensos sedimentam e sofrem digestão anaeróbia no fundo do tanque. Esta alternativa é mais utilizada em zonas rurais e locais onde não existe rede coletora de esgoto e pode estar associada à um filtro anaeróbio (sistema fossa-filtro) (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

Filtro anaeróbico (FA): a remoção de DBO se dá através da biomassa que se encontra aderida à um meio suporte inerte (usualmente brita 4 ou 5), normalmente nessas unidades fluxo é ascendente. Quando associado ao tanque séptico (sistema fossa-filtro) melhora a qualidade do efluente líquido, apresentando uma eficiência global de remoção da DBO de 70 a 85% (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

2.8.5.2 Tratamento de efluentes a nível terciário

As tecnologias empregadas no pós tratamento de efluentes secundários, variam de acordo com o tipo de compostos que se deseja eliminar, tais como: nutrientes, compostos orgânicos voláteis, sólidos em suspensão e patógenos. No caso de tratamento visando o reúso podem ser classificados da seguinte maneira (JORDÃO E PESSÔA, 2014):

- Visando prioritariamente a remoção de sólidos em suspensão;
- Visando a remoção de sólidos e constituintes dissolvidos;
- Visando a remoção de traço de constituintes;
- Visando a desinfecção do efluente.

Filtração terciária (FT): É um tratamento terciário em casos em que se requeira remoção adicional de sólidos em suspensão, o polimento do efluente secundário e a remoção de fósforo. Neste sentido, o processo pode ou não fazer uso de coagulantes e floculantes para a remoção dos sólidos em suspensão efluentes do tratamento secundário (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

O processo de filtração convencional em areia ou antracito e areia (meio duplo) é indicado como pré-tratamento ao tratamento terciário por meio de membranas, removendo além de sólidos, DBO e turbidez (JORDÃO E PESSÔA, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

O estudo classifica-se como pesquisa aplicada, qualitativa, exploratória, descritiva, bibliográfica, documental, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa participante.

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

O projeto será dividido em três partes. A primeira conta a revisão bibliográfica, sendo abordada basicamente a importância, consumo, disponibilidade e escassez da água, e também crise hídrica no Brasil, realizando um levantamento de dados na temática hídrica por meio de análise de livros, relatórios técnicos, publicações, artigos científicos, entre outras fontes. Ademais, foram realizadas consultas em portais virtuais de organizações governamentais e privadas. E o reúso de águas servidas onde foram identificadas as tecnologias mais praticadas, de acordo com os fins pretendidos para a recuperação de água proveniente de esgotos gerados, através de busca aprofundada em publicações de referência na área.

Na segunda parte será feito o estudo de caso do Shopping Center, onde serão realizadas visitas técnicas para coletar dados e elaborar um detalhamento sobre todas as etapas e processos utilizados no tratamento das águas servidas para o abastecimento das bacias sanitária dos banheiros. Além disso, foram realizadas consultas frequentes com o engenheiro atuante no ramo para identificar os obstáculos mais significativos a serem superados para a difusão do reúso de águas servidas no Brasil.

Na terceira parte, serão mostrados os resultados obtidos através de gráficos, tabelas e dados comparativos entre os períodos antes e depois da implantação do sistema e suas vantagens como a viabilidade econômica, sustentabilidade e tempo de retorno do investimento (payback).

3.3 ESTUDO DE CASO

Entre agosto e outubro de 2018, foram realizadas visitas às instalações de um Shopping Center na cidade de Santos. Esse centro comercial conta com uma área construída de 130 mil m². A empresa que o administra estima que em seu interior circulem em média 1 milhão de pessoas por mês, ou seja, mais de 2 vezes a população da cidade de Santos. Esse estabelecimento utiliza desde 2015 um sistema de tratamento de águas servidas (figura 11) com intuito de serem reutilizadas nos sistemas de descarga das bacias sanitárias e mictórios de todos os banheiros do empreendimento.

As visitas foram acompanhadas por um representante do shopping, e incluíram a praça de alimentação, a estação de tratamento de esgotos e reúso de águas servidas, os reservatórios de água (potável e de reúso), o centro de triagem de resíduos e a administração do estabelecimento. Foram também realizadas consultas à funcionários do shopping (engenheiros, técnicos, operadores) para complementar parte dos estudos.

Figura 11 - Parte da ETE/Reúso do Shopping Center em questão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

Será abordada especificamente a estação de tratamento de esgotos e reúso de água, seus reservatórios e o centro de triagem de resíduos. Apresentando os equipamentos instalados, o investimento inicial e os gastos gerados para manutenção desse sistema, que inclui tanto a parte operacional como os custos destinados ao transporte de resíduos sólidos.

3.4 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Após análise de dados fornecidos pela empresa administradora do empreendimento, buscar verificar se a implantação desse sistema foi viável no ponto de vista econômico. Para isso será incluso dados comparativos de valores sobre manutenção e os gastos mensais de água gerados nos períodos pré e pós instalação da ETE/Reúso. Também será definido o período de retorno do investimento inicial de projeto.

4 ESTUDO DE CASO: SHOPPING CENTER

Foi realizado um estudo de caso real em um determinado Shopping Center na cidade de Santos, e as ações implementadas no estabelecimento visando a conservação e uso racional de água, conforme descrito na sequência, identificando as tecnologias adotadas para o reúso de águas servidas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO

O município de Santos localiza-se na região metropolitana da Baixada Santista no estado de São Paulo. Sua população estimada é de 419.400 habitantes (IBGE, 2010), dos quais 47,5% encontram-se formalmente ocupados, com média salarial em 3,3 salários mínimos – equivalente a R\$2.904 (2016) e o PIB per capita do município é de R\$50.544,73/habitante (IBGE, 2016). A situação de infraestrutura de saneamento no município é bastante eficiente: possui cobertura de 100% no abastecimento de água, 98,54% na coleta de esgoto, e 97,60% no tratamento de esgoto para água consumida, segundo dados do Instituto Trata Brasil (2016).

O Shopping Center em estudo localiza-se no bairro da Aparecida, conforme indicado pela Figura 12. Com base em dados do IBGE, é o segundo bairro mais populoso da cidade de Santos com 36.440 habitantes (2010).

Inaugurado em 2000, o Shopping tem uma área construída de 130 mil m². Desse total, 40 mil m² pertence a área bruta locável, contando com 220 lojas, 4 âncoras, um hipermercado, 10 salas de cinema e estacionamento com 2300 vagas, sendo 80% delas cobertas. A ampla praça de alimentação, com mais de 20 opções de restaurantes e fast-food, comporta 1000 pessoas sentadas. Em média, pelos corredores do Shopping, passam mais de 1 milhão de pessoas por mês, ou seja, mais duas vezes a população da cidade de Santos.

Figura 12 - Localização do Shopping Center.

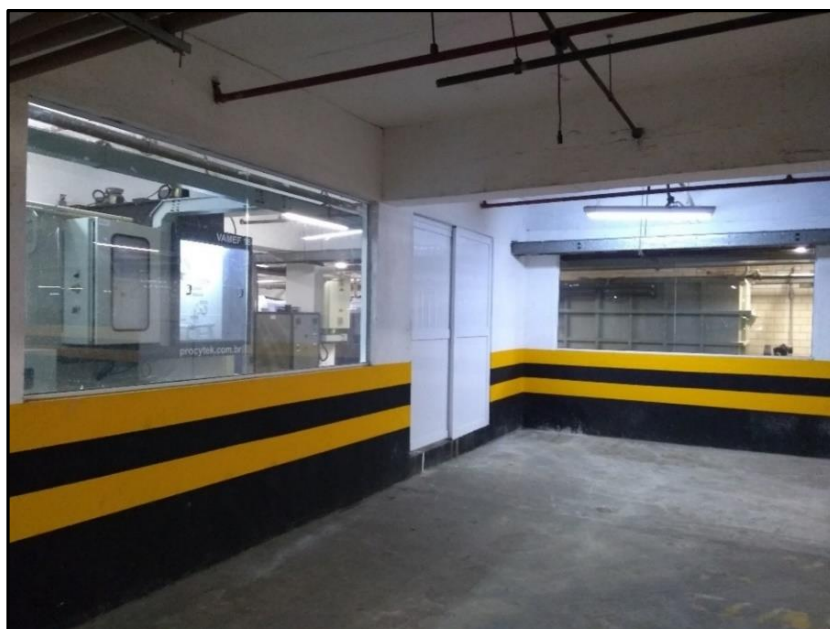


Fonte: Google maps (2019).

4.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS E REÚSO (ETE/REÚSO)

A Estação de Tratamento de Esgoto e Reúso (Figura 13) localiza-se no subsolo do shopping, ocupando uma área de 180 m². Foi implementada no ano de 2015 com intuito de tratar as águas servidas provenientes das cozinhas da praça de alimentação -desativando as caixas de gorduras - e das pias dos banheiros e reutilizá-las nas descargas dos vasos sanitários e mictórios.

Figura 13 - Estação de Tratamento de Esgoto.



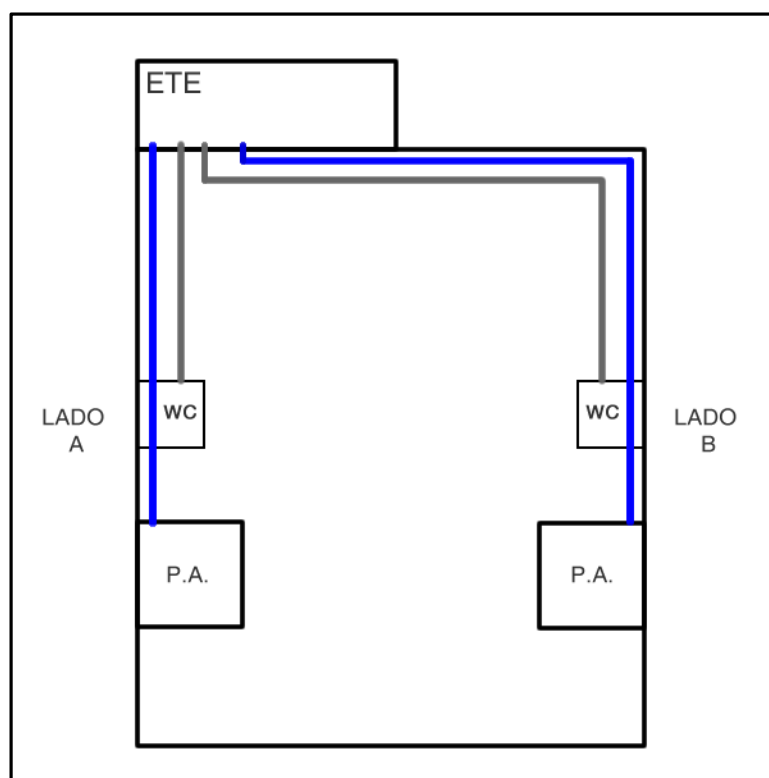
Fonte: Acervo pessoal (2019).

O projeto inicial foi calculado para atender cerca de 25% da capacidade de abastecimento de água do estabelecimento, tratando em torno de 2500m³/mês. Avaliando esse consumo, por dia estima-se um consumo em média de 80 m³ para atender a demanda por 12 horas, portanto tem-se uma produção em média de 5 a 6 m³/h.

Mediante o fluxo de esgoto, a praça de alimentação e os banheiros são divididos em dois lados espelhados, A e B, conforme figura 14.

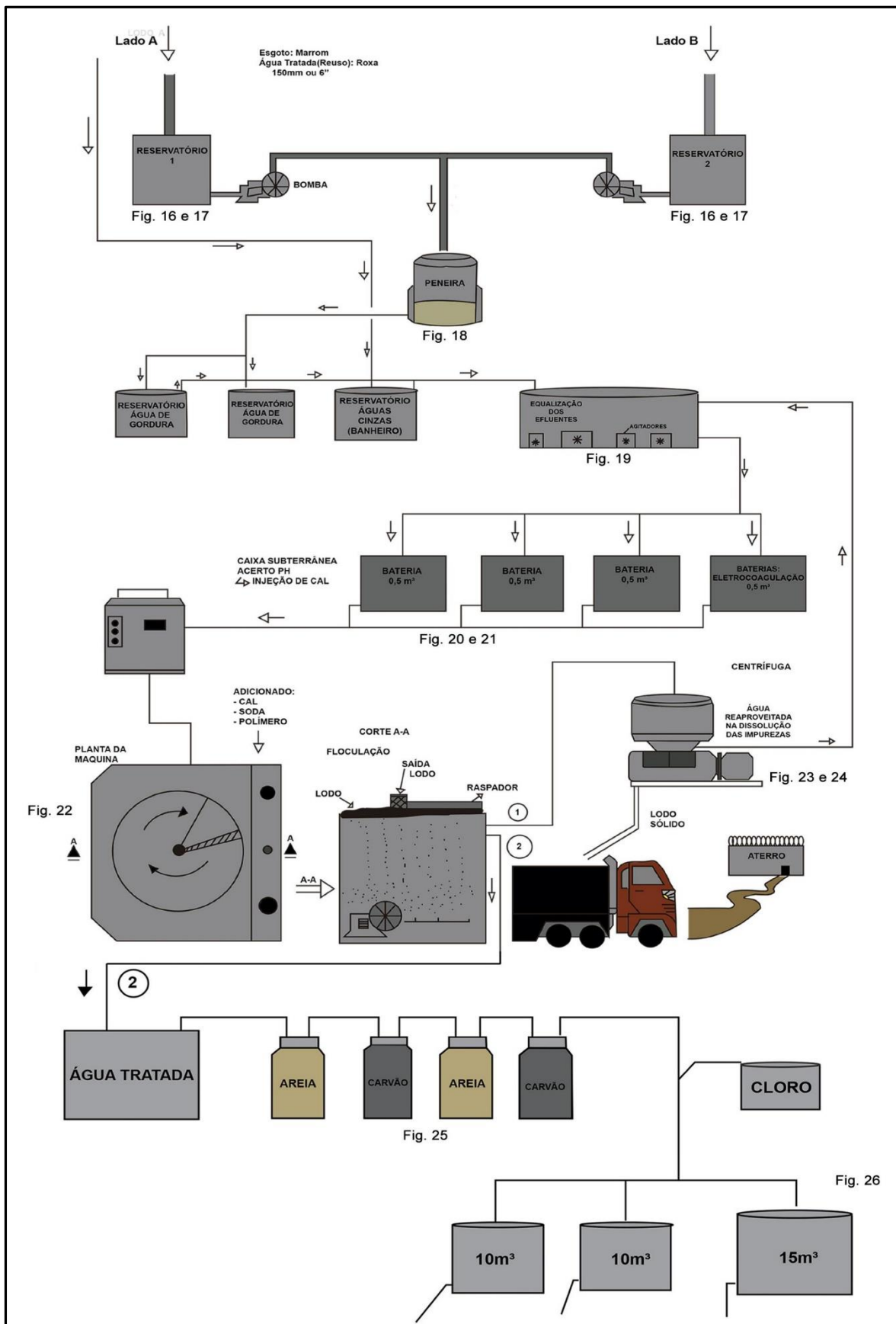
A estação de tratamento está representada por meio de um fluxograma na figura 15, aonde o efluente da PA desce sendo armazenado em um reservatório (figura 16) e o das pias dos banheiros em outro reservatório ilustrado na figura 17, ambos encontrados no subsolo do shopping.

Figura 14 - Fluxo simplificado do efluente pré ETE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 15 - Fluxograma da ETE/Reúso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 16 - Reservatório da PA e bombas de recalque pré ETE.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 17 - Reservatório de armazenamento das águas das pias dos banheiros - Pré ETE.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Após essa chegada da água dos dois reservatórios, as bombas fazem a captação do mesmo e lançam para uma mesma tubulação de 150 mm de diâmetro até a entrada da ETE chegando nas peneiras rotativas (figura 18), onde são retirados restos de alimento, plástico e qualquer sólido graúdo presente nessas águas.

Figura 18 - Peneira da ETE.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Ao passar por essa peneira, a água segue para dois tanques reservatórios de 10 m³ cada que são interligados e a peneira é responsável pela distribuição entre eles. Enquanto a água proveniente das pias dos banheiros é armazenada diretamente no 3º tanque.

Na próxima etapa do processo, a água percorre para um reservatório de equalização (agitadores) de aproximadamente 20 m³ (figura 19), aonde é feita a equalização do mesmo, puxando a água da PA e das pias do banheiro, reduzindo o tratamento diluindo o efluente gorduroso através de um sistema de automação e posteriormente vão para as caixas de eletrocoagulação – VABEC (com aproximadamente 0,5 m³ cada), como mostra a figura 20.

Figura 19 - Vista superior do reservatório de equalização.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Essa fase é responsável pela remoção de moléculas recalcitrantes (de difícil quebra química), onde se tem a passagem de eletricidade pela água desestabilizando a solução e coagulando os contaminantes (figura 21). E essa tecnologia apresenta uma grande inovação na aplicação de eletrodos especiais de aço (aço carbono, aço inox ou alumínio). O fato destes eletrodos não necessitarem de tratamentos especiais na sua superfície, permite a redução de custos para a aquisição do mesmo sendo também considerada como uma tecnologia sem impacto ambiental.

Figura 20 - Caixas de baterias de eletrocoagulação.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 21 - Processo de eletrocoagulação.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Após esse processo, a água é levada para outro reservatório para correção do pH, adicionando cal hidratada, e, então, direcionada a outra estação.

Após a correção do pH, começa a injeção de cal, soda cáustica e polímero, através de um sistema compacto de tratamento de águas residuais (VAMEF), a partir do processo de flotação por ar dissolvido com todos os componentes necessários, tais como, agitador elétrico, sistemas de bombeamento, dosagem de produto, reator/flotador, promovendo a floculação satisfatória da mistura.

Neste sistema também se encontra um tanque onde há uma bomba de microbolhas em seu interior que injeta ar e água fazendo a flotação por ar dissolvido e na parte superior há um sistema de raspagem que remove o lodo e a água limpa segue para o tratamento complementar (figura 22).

Figura 22 - Remoção do lodo floculado.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

O lodo é raspado para um tanque de descarte subterrâneo, sendo bombeado para uma centrífuga de lodo (localizada na parte exterior do shopping como mostra a figura 23). Após o processo de centrifugação, o lodo é depositado em uma caçamba, onde uma determinada empresa responsável recolhe todo esse material para descarte apropriado do mesmo (Figura 24). Já a água separada do lodo é reutilizada na caixa de equalização para o processo de dissolução de impurezas.

Figura 23 - Centrífuga do lodo.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 24 - Depósito do lodo.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

A água limpa segue para o processo de filtração com areia, adsorção em carvão ativado e osmose reversa, e então segue para a etapa de oxidação e desinfecção com a adição de cloro como ilustra a figura 25.

Figura 25 - Processo de filtração da água.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Em seguida, a água é armazenada em 3 diferentes reservatórios (dois de 10.000 litros e um de 15.000 litros) (figura 26). A água é bombeada para os reservatórios superiores, onde será destinada aos banheiros do shopping conforme a demanda e usados na descarga dos vasos sanitários. Dentro de cada um desses tanques há uma eletrobóia, com o propósito de alertar quando o nível de água no reservatório for menor que 20%. Se isso ocorrer, automaticamente, a válvula para a entrada de água da concessionária é aberta até suprir o nível mínimo de segurança do reservatório.

Figura 26 - Reservatórios de água tratada de 10.000 L e 15.000 L.



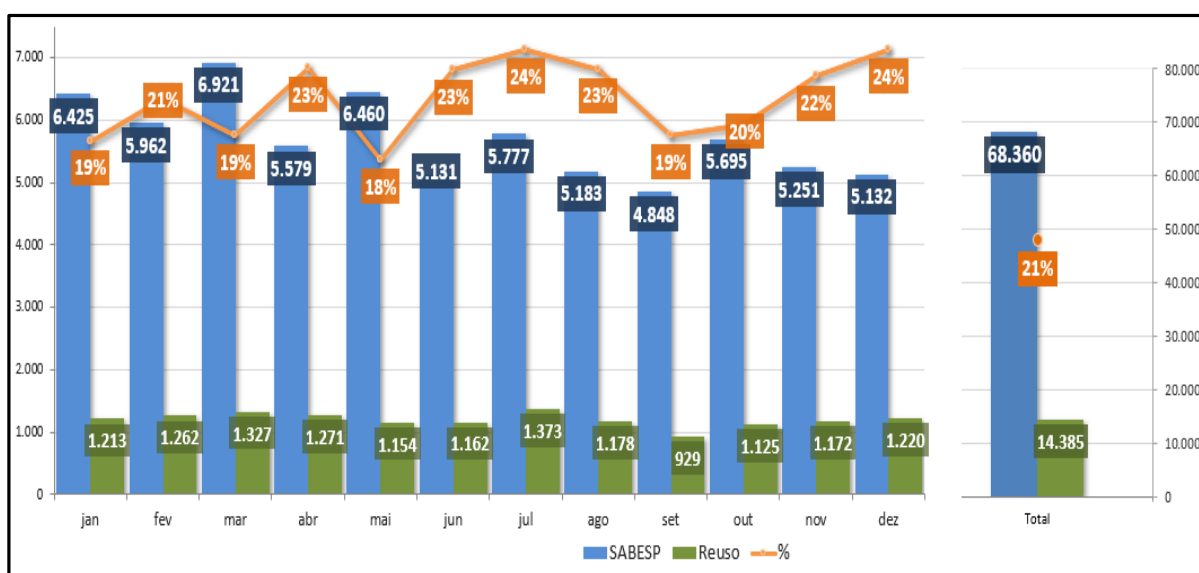
Fonte: Acervo pessoal (2019).

4.3 RESULTADOS

Com base nas planilhas e informações disponibilizadas pela administradora do shopping center, foi realizado um levantamento de dados do funcionamento da ETE/Reúso referente ao ano de 2018, com objetivo de verificar a eficiência do projeto. A seguir serão abordados os valores e os cálculos efetuados para essa verificação.

A partir das marcações dos hidrômetros foram obtidos os consumos mensais de água do empreendimento, tanto da concessionária quanto da ETE/Reúso. A figura 27 ilustra, em porcentagem, o quanto de água da estação foi consumida em relação à água da concessionária. Posteriormente esses dados foram utilizados no cálculo da economia mensal gerada.

Figura 27 - Porcentagem do quanto de água da estação foi consumida em relação à água da concessionária.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para o cálculo da economia mensal e anual da conta de água, foi levado em consideração duas hipóteses, a 1ª hipótese leva em consideração que o consumo total seja cobrado pela tarifa da concessionária. A 2ª hipótese aplica os valores do consumo pelo custo mensal de operação da estação para produzir 1 m³. O gerente operacional do shopping disponibilizou a tarifa mensal de água cobrada pela concessionária no ano de 2018: R\$ 21,48/m³. Por outro lado, segundo cálculos da empresa, água produzida pela ETE/Reúso custa cerca de R\$ 5,75/m³, levando em conta os gastos com os produtos para tratamento e a energia consumida pela estação.

A diferença de valores dessas duas hipóteses sendo calculadas mês a mês será considerado a economia mensal, e no final a soma dos meses gerará a economia anual do sistema. O quadro 2 mostra a economia mensal de água referente ao ano de 2018.

Quadro 2 - Economia mensal de água referente à 2018.

	SABESP		REUSO	
jan	R\$	26.055,24	R\$	6.974,75
fev	R\$	27.107,76	R\$	7.256,50
mar	R\$	28.503,96	R\$	7.630,25
abr	R\$	27.296,12	R\$	7.306,92
mai	R\$	24.787,92	R\$	6.635,50
jun	R\$	24.959,76	R\$	6.681,50
jul	R\$	29.492,04	R\$	7.894,75
ago	R\$	25.293,13	R\$	6.770,74
set	R\$	19.963,08	R\$	5.343,94
out	R\$	24.156,19	R\$	6.466,39
nov	R\$	25.174,56	R\$	6.739,00
dez	R\$	26.205,60	R\$	7.015,00
Total	R\$	308.995,37	R\$	82.715,24

Diferença:
R\$ 226.280,13

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No ano de 2018, foi gerada uma economia de 226 mil reais na conta de água. Aplica-se ainda, para obter a economia total anual, uma taxa estimada de 96 mil reais/ano referente ao fator K (valor da diferença da carga poluidora entre um esgoto não doméstico e um esgoto doméstico), item inerente ao shopping quando não se utiliza a estação de tratamento de esgoto. Obteve-se então a economia anual total, estimada em 322 mil reais.

A partir desses valores, foi efetuada uma simulação do tempo de retorno do investimento. Segundo dados obtidos, a empresa investiu cerca de 1,2 milhões de reais para implantar esse projeto. Sendo assim o tempo de retorno do investimento se dá por volta dos 3,7 anos.

5 CONCLUSÃO

A prática do reúso de águas servidas em shopping centers vem se expandindo cada vez mais em nosso país tendo em vista a capacidade de aumentar o tempo que a água consumida se mantém no próprio empreendimento. Esse benefício alcançado é significativo tanto do ponto de vista local, gerando economia financeira para o estabelecimento, quanto global, uma vez que a adoção de práticas de conservação dos recursos hídricos exerce menos pressão sobre os mananciais - visto que essa medida economizou 14,3 milhões de litros de água em 2018 - contribuindo para aliviar conflitos existentes ou iminentes, especialmente no contexto urbano. É de grande importância a adoção dessas práticas, visando à otimização do consumo hídrico no ambiente urbano de maneira sustentável.

Além do aspecto ambiental, esse estudo conclui que a instalação da Estação de Tratamento de Esgoto e Reúso do shopping center foi viável do ponto de vista econômico, com base nos dados de consumo de água do ano de 2018, verificou-se, na prática, que o tempo de retorno do projeto é baixo (cerca de 3,7 anos), para uma instalação cujo objetivo é ser mantida durante toda vida útil do empreendimento. Ainda, como o esgoto não doméstico é tratado no próprio empreendimento, evitam-se os acréscimos na conta de água devido ao fator K. Ademais, a qualidade final da água tratada é boa para o fim a que se destina, porém, ocasionalmente, quando ocorrem problemas na dosagem dos produtos de tratamento pode resultar em odores na água, que são corrigidos com a adição de cloro.

Um fator a se levar em consideração é que apesar da estação ter um alto índice de automatização em seus processos, é necessário o acompanhamento diário de seu funcionamento por um funcionário da equipe de manutenção do shopping, que deve atentar à reposição dos produtos de tratamento. Além disso, podem ocorrer problemas em seu funcionamento, resultando em interdições que podem durar dias ou semanas dependendo do problema apresentado, quando isso ocorre à água da concessionária é acionada para suprir a demanda da estação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALASSIANO, M. **Análise da aplicação de reúso de águas servidas: estudo de caso do Caxias Shopping**. Rio de Janeiro, 2018. P. 1.
- BARNES, H. **O crescimento da população mundial está fora de controle**. São Paulo, 2013. Disponível em: < https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/09/130929_projecao_pop_mundial_a_n >. Acesso em: 29 set. 2018.
- CARVALHO, Daniel; MELLO, Jorge; SILVA, Leonardo. **Hidrologia: Irrigação e Drenagem**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1INTRO.pdf> >. Acesso em: 02 nov. 2018.
- CIRILO, J A. **Crise hídrica: desafios e superação**. Revista USP São Paulo n. 106 p. 45-58 jul-set 2015.
- ESPADA, G. **Afirmção do Direito das Águas**. Moçambique, 2014. p.3.
- FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). **Tratamento e utilização de esgotos Sanitários**. PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.
- FURLAN, F.; VIEIRA, R. **A Vida Sem Água: como as empresas brasileiras vão atravessar o período de seca e o provável racionamento de água – e as lições que devemos tirar para essa crise não se repetir**. São Paulo. Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/revista-exame/a-vida-sem-agua> >. Acesso em: 29 set. 2018.
- IBGE. **Panorama da cidade de Santos**, 2016. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santos/panorama> >. Acesso em: 25 abr. 2019.
- JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014. 1087 p.
- MANCUSO, Pedro. C. S; DOS SANTOS, Hilton. F. **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003.
- MAGALHÃES, Lana. **Crise Hídrica no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/crise-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 02 ago.2018.
- MARENGO, José et al. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, São Paulo n. 106, p. 31-44, jul-set 2015.
- METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. Nova York, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

- MMA. **Consumo sustentável**: Manual de educação. Brasília, 2003.
- NOBRE, S. **Água: O insumo infinito**. Disponível em: < <https://sergionobre.wordpress.com/tag/aguas-servidas/> >. Acesso em 01 nov. 2018.
- ONU (Organização das Nações Unidas). **Projections for 2015 to 2100**: UN Population Division. Nova Iorque, 2015. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/world-population-growth> >. Acesso em: 30 out. 2018.
- PLANETA SUSTENTÁVEL. **Manual de Etiqueta**: 13 Coisas que a você não sabia sobre a água e por que é importante cuidar bem dela. Abril, 2014.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces do Brasil**: Capital Ecológico, uso e Conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.
- RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia Política da Água**, p. 53. São Paulo: Anna-blume, 2008.
- RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**. 2005.192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SAEIJIS, H.F.L., BERKEL, V. **Global Water Crisis**: the Major Issue of the 21st Century, p. 26. European Water Pollution Control, (Vol. 54), 1995.
- TELLES, Dirceu, D.; COSTA, Regina, P. **Reúso da água**: Conceitos, teorias e práticas. 2ª edição. Ed [S.I.]: Editora Edgard Blucher Ltda., 2010.
- UNEP Global Environment Outlook 3. **Past, Present and Future Perspectives**, p. 150. London: Earthscan, 2002.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. U. S. Washington, DC: EPA, 2012.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- WESTERHOFF, G. P. **Un update of research needs for water reuse**. 1984. In: BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P.C.S. Capítulo 2 – Conceito de reúso de água. In: REÚSO DE ÁGUA. Barueri, SP: Manole, 2003.

