



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

ÁLVARO JOSÉ MENEZES DA COSTA

Contribuição para o desenvolvimento de um modelo de estrutura tarifária aplicada ao reúso de efluentes tratados de ETE – Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos em Maceió – Alagoas.

MACEIÓ
2018

ÁLVARO JOSÉ MENEZES DA COSTA

Contribuição para o desenvolvimento de um modelo de estrutura tarifária aplicada ao reúso de efluentes tratados de ETE – Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos em Maceió – Alagoas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nélia Henriques Callado.

MACEIÓ
2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

C837c Costa, Álvaro José Menezes da.

Contribuição para o desenvolvimento de um modelo de estrutura tarifária aplicada ao reúso de efluentes tratados de ETE – Estações de Tratamento de Esgotos domésticos em Maceió- Alagoas / Álvaro José Menezes da Costa. – 2018. 122 f. : il.

Orientadora: Nélia Henriques Callado.
Dissertação (mestrado em Engenharia: Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 119-122.

1. Águas residuais – Reuso. 2. Estações de Tratamento de Esgoto. 3. Eficiência operacional. 4. Tarifas. 5. Déficit hídrico. I. Título.

CDU: 628.32(813.5)



Universidade Federal de Alagoas UFAL

Centro de Tecnologia CTEC

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento PPGRHS



Folha de Aprovação

ÁLVARO JOSÉ MANEZES DA COSTA

CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE ESTRUTURA
TARIFÁRIA APLICADA AO REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS DE ETE
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM MACEIÓ
ALAGOAS

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos e Saneamento, Centro de
Tecnologia da Universidade Federal
de Alagoas, como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Recursos Hídricos e Saneamento

Nélia Callado

Prof.^a Dr.^a Nélia Henriques Callado (Orientadora- PPGRHS)

Banca examinadora:

Valmir de A Pedrosa

Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa
(Examinador interno PPGRHS/CTEC/UFAL)

Miguel Mansur Aisse

Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse
(Examinador externo UPPR)

DEDICATÓRIA

A Deus, que me permitiu concluir o curso de mestrado depois de ultrapassar a idade de 60 anos, entrego os resultados desse esforço. Ele, que me possibilitou também nascer em uma família com pais zelosos que buscaram, incessantemente, não só deixar como herança o conhecimento intelectual, mas principalmente, valores morais e éticos que exercitei na harmonia da convivência que se mantém até hoje com meus irmãos, irmãs, cunhados, concunhado, cunhadas, sobrinhos, sobrinhas e suas famílias.

A minha família, que nasceu do crescimento pessoal vivenciado na casa de meus pais, levando-me à constituição de uma maravilhosa e abençoada união com minha esposa Sílvia, meus filhos Álvaro e minha nora Maíra e o neto Guilherme, minhas filhas Raquel e Paula, e meus sogros Ivancy de Araújo Calheiros e Helena Mousinho de Azevedo, todos que me motivaram e incentivaram sempre a não parar de estudar e buscar melhorar como pessoa e profissional.

Aos meus pais Antônio Álvaro da Costa e Raimunda Menezes Batista da Costa que são a eterna base de tudo que sou na vida.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste estudo não teria sido possível sem o incentivo, o apoio e a compreensão de familiares, amigos, professores, funcionários da UFAL e colegas de turma. Entretanto, alguns agradecimentos devem ser feitos especificamente àqueles que contribuíram diretamente para meu aprendizado e redação desta dissertação. Assim, agradeço a:

- Professora Dra. Nélia Henriques Callado/UFAL;
- Professor Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa/UFAL;
- Professor Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza/UFAL;
- Professor Dr. Roberto Augusto Caffaro Filho/UFAL;
- Professor Dr. Carlos Ruberto Fragoso Júnior/UFAL;
- Professora Dra. Karina Ribeiro Salomon/UFAL;
- Professor Dr. Christopher Freire Souza/UFAL;
- Professor Dr. Ivanildo Hespanhol/USP;
- Engenheiro Dr. Alexander Fortin/CH2m Hill Consultoria;
- Engenheira Dra. Helene Kubler/CH2m Hill Consultoria;
- Engenheiro Dr. Carl-Axel P. Soderberg/AIDIS;
- Engenheiro Dr. Rafael Dautant/AIDIS;
- Dr. Emilio Gabbrielli/IDA;
- Dr. Renato Gianni/DOW Química do Brasil;
- Dr. André de Souza Ramos/DOW Química Brasil;
- Dr. Fernando Gomes da Silva/AQUAPOLO;
- Engenheira civil Msc. Valeska Cavalcante/CASAL;

- Engenheiro químico Júlio Balbino/CASAL;
- Engenheiro civil Luiz Emanuel de França Costa/CASAL;
- Engenheiro civil Lauro Menezes/SANAMA;
- Engenheiro civil Élio Federzoni/SANAMA;
- Engenheiro civil Msc. Álvaro José Calheiros da Costa;
- Bióloga Dra. Maíra Estanislau Soares de Almeida.
- Engenheiro civil Ricardo Coiffman/SANEMA.

RESUMO

Atualmente há uma discussão muito ativa sobre a chamada crise hídrica, suas causas e seus efeitos, conduzindo a constatação de que o déficit hídrico e o desequilíbrio entre a oferta e a demanda por água doce, tem levado a busca de métodos mais eficientes de uso da água em sistemas de abastecimento e a aplicação de tecnologias que possam reduzir perdas e possibilitar o reaproveitamento de águas utilizadas em processos ou atendimento das necessidades humanas. O reúso de águas a partir do aproveitamento do efluente tratado em ETE – Estações de Tratamento de Esgoto, já é praticado em alguns países e até no Brasil, porém carece ainda da quebra de alguns paradigmas associados a reação natural à água de reúso pelo sentimento de não se estar usando água tratada, ou ao pré-conceito de que o preço a ser pago por este tipo de água é muito elevado. Mas o que custa mais: não ter água doce ou poder usar água de reúso? Considerando que em regiões como o Nordeste, a escassez de água é uma realidade, neste trabalho, além de se procurar mostrar que os preços não são o maior impeditivo à prática do reúso, foram apresentados valores de custos de investimentos e operação para levar a proposição de uma tabela de tarifas. Com base nos dados obtidos sobre as três ETEs novas a serem implantadas na cidade de Maceió e considerando as características de potenciais usos para RNP – Reúso Não Potável Industrial e RPI – Reúso Potável Indireto para reforço de vazão no Rio Pratagy e no aquífero do Vale do Reginaldo, foi possível encontrar preços de custo e de venda, os quais, comparados com a tarifa da CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas, mostraram-se competitivos, principalmente para uso industrial e urbano. O uso como RPI para reforço de mananciais, embora apresente valores muito abaixo dos da CASAL, indicam que ajustes administrativos e regulatórios precisam ser feitos para que se possa usa-los como referência. Como conclusão principal deste trabalho, está a constatação de que a definição de uma estrutura tarifária está associada a localização das unidades de tratamento e da distância que possa ser considerada viável para transportar a água de reúso. São apresentadas conclusões estratégicas e pontuais que reforçam a importância de avaliar a prática do reúso com base nos aspectos ambientais, econômicos e sociais de cada local, para definir qual o tipo de tratamento a ser adotado, o uso que se fará e as condições de dar sustentabilidade financeira aos serviços de reúso de águas.

PALAVRAS - CHAVE: Água; Esgoto; Déficit hídrico; Eficiência operacional; Reúso; Reúso de águas; Tarifas.

ABSTRACT

At the present time, discussions about the so-called water crisis are very active. Its causes and its effects are in the center of the debate. There is no doubt that the water deficit and the imbalance between supply and demand for fresh water, have led to the search for more efficient methods of water use in water supply systems. Further, the application of technologies that can reduce losses and make the water reuse possible from water treatment process or household water utilization, are more accessible today. The water reuse from the effluent treated in Sewage Treatment Plants is already practiced in some countries and even in Brazil, but it still faces some paradigms associated with the natural reaction to the water reuse, as society does not feel safety in using water collected from a sewage treatment plant. Moreover, society has the preconception that the price to be paid for this type of water is very high. But what does it cost more: not having fresh water or using recycled water? Considering that water scarcity is a reality in regions such as the Northeast, in this paper, in addition to trying to show that prices are not the greatest impediment to the practice of water reuse, values of investment and operating costs were presented as an input to the proposition of a tariff structure. The methodology used in this paper is based on the data obtained from the three new sewage treatment plants that will be built in the city of Maceió and considers the simulation of potential uses for Nonpotable Reuse and IPR - Indirect Potable Reuse. The increase of the natural water flow in the Pratagy River during the dry season and the regular recharge of the aquifer in the Reginaldo Valley could be one of the possibilities shown in this paper too. It is hereby demonstrated that it is possible to find cost and tariffs for water reuse that are compared to the tariff of CASAL - Companhia de Saneamento de Alagoas, in a competitive condition, mainly for industrial and urban use. The environmental use of IPR, although presenting values well below from those of CASAL, indicates that administrative and regulatory adjustments need to be made for using the suggested tariffs structure. The main conclusion of this study is that the definition of a tariff structure and its feasibility are associated with the location of the treatment units and the distance that can be considered to transport the water reuse. The strategic and specific conclusions presented reinforce the significance of evaluating the practice of reuse based on the environmental, economic and social aspects of each site, to define the type of treatment to be adopted, the use to be made and the conditions to ensure the financial sustainability to water reuse services.

KEYWORDS: Water; Sewage; Hydrological deficit; Operational efficiency; Reuse; Water reuse; Tariff.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Previsão da disponibilidade de água doce em 2020.

Figura 2 – Projeção da demanda global por água até 2050.

Figura 3 – Relação entre a população e oferta de recursos hídricos.

Figura 4 – Balanço hídrico nacional.

Figura 5 – Regiões hidrográficas e bacias no Estado de Alagoas.

Figura 6 – Geração de energia por fonte.

Figura 7 – Fatores que podem levar a motivação para o reúso de águas.

Figura 8 – Projeção esquemática dos níveis de tratamento de água e esgoto para adequação ao reúso de águas.

Figura 9 – Descrição dos tipos de reúso e suas destinações.

Figura 10 – Padrões de qualidade para reúso segundo o PROSAB.

Figura 11 – Domínio legal das águas para efeito de outorgas.

Figura 12 – Planejamento e gestão para implantar sistema de reúso.

Figura 13 - Estrutura para definição de preços.

Figura 14 – Mapa de localização da região metropolitana de Maceió.

Figura 15 – Indicação da localização das ETEs escolhidas para Maceió.

Figura 16 – Desenho esquemático do fornecimento a partir da ETE do emissário submarino.

Figura 17 – Desenho esquemático do fornecimento a partir da ETE da SANAMA.

Figura 18 – Desenho esquemático do sistema a partir da ETE da SANEMA.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estrutura tarifária uniforme – valor não se altera com o consumo.

Gráfico 2 – Estrutura tarifária em blocos declinantes – tarifa se altera com o a redução de consumos.

Gráfico 3 – Estrutura tarifária em blocos crescentes – tarifa se altera com o aumento do consumo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo de regiões hidrográficas de Alagoas onde há municípios da região metropolitana de Maceió e existência de PDRH.

Tabela 2 – Síntese da disponibilidade hídrica segundo PDRH da RH Pratagy.

Tabela 3 – Síntese da disponibilidade de água subterrânea na RH Pratagy segundo o PERH.

Tabela 4 – Descrição do conceito da DEA e suas implicações para a sociedade.

Tabela 5 – Definição da pressão sobre recursos hídricos.

Tabela 6 – Projeção de cenários do PERH para a RH do Pratagy.

Tabela 7 – Distribuição percentual da produção de água para Maceió.

Tabela 8 – Relação de poços profundos contaminados em Maceió.

Tabela 9 – Projeção de cenários de vazões e atendimento com água para Maceió.

Tabela 10 – Modalidades, aplicações e comparações com o estabelecido na CNRH nº 54/2005.

Tabela 11 – Instrumentos normativos nacionais e estaduais.

Tabela 12 – Instrumentos normativos municipais.

Tabela 13 – Cenário geral de resoluções e leis por Estados.

Tabela 14 – Exemplos de reúso nos Estados Unidos e outros países.

Tabela 15 – Experiências no Brasil.

Tabela 16 - Itens que compõem o CAPEX estimado em geral.

Tabela 17 – Dados sobre as ETEs projetadas para a cidade de Maceió.

Tabela 18 – Indicadores de qualidade do esgoto afluyente a ETE existente no emissário de Maceió.

Tabela 19 – Padrão de esgoto estimado para o efluente da nova ETE na área do emissário de Maceió.

Tabela 20 – Estimativa de CAPEX para o aproveitamento da ETE do emissário.

Tabela 21 – Resumo de OPEX para o aproveitamento da ETE do emissário.

Tabela 22 - Estimativa de CAPEX para RPI no Rio Pratygy a partir da ETE da SANAMA.

Tabela 23 – Resumo do OPEX para RPI a partir da ETE da SANAMA.

Tabela 24 – Resumo da estimativa de CAPEX para RNP a partir da ETE da SANAMA.

Tabela 25 – Resumo da estimativa de OPEX para RNP a partir da ETE da SANAMA.

Tabela 26 – Resumo da estimativa de CAPEX para RPI a partir da ETE da SANEMA.

Tabela 27 – Resumo da estimativa de OPEX para RPI a partir da ETE da SANEMA.

Tabela 28 - Resumo da estimativa de CAPEX para RNP a partir da ETE da SANEMA.

Tabela 29 - Resumo da estimativa de OPEX para RNP a partir da ETE da SANEMA.

Tabela 30 – Resumo de custos para os casos 01, 02 e 03.

Tabela 31 – Comparativo entre custos e preço de venda.

Tabela 32 - Exemplos do plano nacional de reúso (2017).

Tabela 33 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE emissário.

Tabela 34 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE SANAMA – Tabuleiro do Martins.

Tabela 35 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE SANEMA – Farol e adjacências.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

AIDIS – Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

ALADYR – Asociación Latino-americana de Desalación y Reuso

ANA – Agência Nacional de Águas

AQUAPOLO – Projeto de reúso industrial gerenciado por SABESP/BRK Ambiental na região do ABC em São Paulo

AWWA – American Water Works Association

BRASKEM – Indústria Petroquímica na cidade de Maceió

BRIICS – Brasil, Índia, Indonésia, China e África do Sul

BRK Ambiental – Empresa Privada de Serviços Públicos de Saneamento

CAPEX – Capital Expenditure

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas

CELMM – Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CESB – Companhias Estaduais de Saneamento Básico

CF – Coliformes Fecais

CH2M (CH2MHILL) – Empresa de Consultoria que coordenou a elaboração do Plano Nacional de Reúso.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CTer – Coliformes Termotolerantes

CV – Cavalo Vapor

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEA – Demanda Específica por Água

DEfofo – Diâmetro Equivalente ao Ferro Fundido

DQO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EPA – Environment Protection Agency

EPAI – Estação de Produção de Água Industrial

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

GSINIMA

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDA – International Desalination Association

IHP – Programa Hidrológico Internacional

IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

IQA – índice de Qualidade das Águas

MCidades – Ministério das Cidades

MCMV – Minha Casa Minha Vida

NBR – Norma Brasileira

NHRMC – National Health and Medical Research Council

NMP – Número Mais Provável

O&M – Operação e Manutenção

ODM – Objetivo de Desenvolvimento do Milênio

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

OECD – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPEX – Operational Expenditure

PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos

PEDRH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNQA – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

QUALIÁGUAS – Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade Água

RH – Região Hidrográfica

RNP – Reúso Não Potável

RNP – Reúso Não Potável

RNQA – Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas

RO – Reverse Osmosis

ROW – Resto do Mundo

RP – Reúso Potável

RPD – Reúso Potável Direto

RPI – Reúso Potável Indireto

SABESP – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo

SANAMA – Saneamento Alta Maceió

SANEMA – Saneamento de Maceió

SEINFRA – Secretaria de Estado da Infraestrutura de Alagoas

SEPLAG – Secretaria de Planejamento e Gestão de Alagoas

SES/SMA/SSRH – Secretaria de Estado da Saúde / Secretaria do Meio Ambiente /
Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (São Paulo)

SIEGRH – Sistema Integrado Estadual de Gestão de Recursos Hídricos

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SST – Sólidos Sedimentáveis em Suspensão

TR – Termo de Referência

UF – Ultrafiltração

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UP – Unidade de Planejamento

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

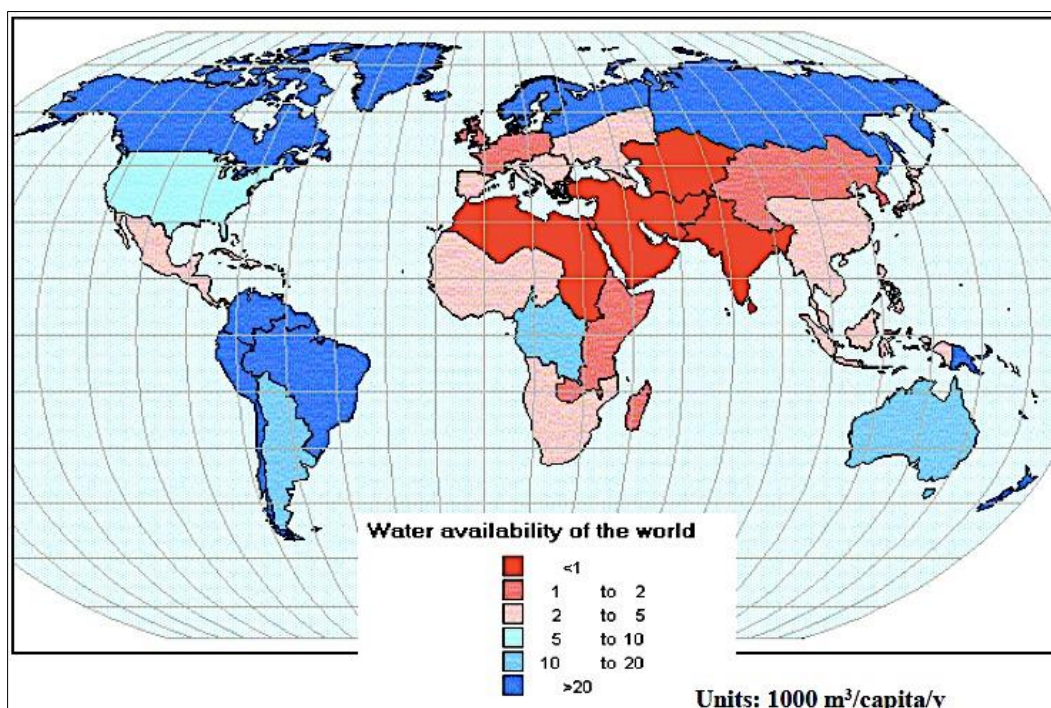
1. Introdução	19
2. Objetivo	23
2.1 Geral.....	23
2.2 Específico.....	23
3. Revisão de Literatura	24
3.1 Recursos hídricos: situação e cenários.....	24
3.1.4 Balanço hídrico: relação oferta x demanda.....	31
3.2 Motivação para o reúso de água.....	38
3.3 Aplicações típicas de reúso.....	45
3.3.1 A Utilização adequada.....	46
3.3.2 Tipos de reúso.....	47
3.4 Critérios de qualidade e padrões conhecidos no brasil.....	50
3.5 Aspectos regulatórios e legislação.....	54
3.6 Experiências de reúso no Brasil e no Mundo.....	63
3.7 Tarifas e formas de cobrança.....	67
4 Metodologia	74
4.1. Área de Estudo	74
4.2. Identificação de ETEs	75
4.3. Levantamento de clientes e usos potenciais	76
4.4. Levantamento de custos de infraestrutura e operação	77
4.5. Construção da proposta da estrutura tarifária	81
5 Resultados	85
5.1 ETEs Identificadas	85
5.2 Público alvo e usos potenciais	87
5.3 Resultados Obtidos para Custos e Tarifas	88
5.3.1. Caso 01 – Reúso a partir da ETE da área do emissário submarino	93
5.3.2. Caso 02 – Reúso a partir da ETE da SANAMA	93
5.3.3. Caso 03 – RNP com base na ETE da SANEMA	99
5.3.4. Resumo dos custos da água de reúso	104
5.4. Proposição da estrutura tarifária	104
6. Conclusões	115
7. Referências	119

1. INTRODUÇÃO

Em linhas gerais, falar sobre reúso leva a duas perguntas chave: Serão os benefícios do reúso piores que seus custos e riscos? E, é o reúso uma solução financeiramente viável para a escassez de água?. Segundo Kfoury (2009), a resposta a essas questões passa não apenas pelo interesse momentâneo de fazer o reúso de efluentes tratados de esgotos quando se enfrenta uma crise de falta de água, indo mais além. De acordo com suas análises, para alcançar respostas adequadas ao uso seguro da água de reúso é necessário conhecer a disponibilidade hídrica atual e aquela esperada para horizontes de planejamento de longo prazo, além de ser fundamental saber quem, como e em que quantidade se utilizará a água de reúso.

Em escala global, a escassez de água, por si só, pode ser um fator a desencadear a necessidade de fazer com que o reúso passe a ser de fato encarado como uma alternativa para melhorar o balanço hídrico em muitos países que já estão convivendo com a escassez. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (2000), até 2020, a situação referente a disponibilidade de água e escassez pode ser visualizada na FIGURA 1.

Figura 1 – Previsão da disponibilidade de água doce em 2020.



Fonte: IHP/UNESCO (2000).

Se observa que em termos mundiais o Brasil parece estar em situação privilegiada pelas projeções da UNESCO. Entretanto, as características geográficas do país e os indicadores recentes da Agência Nacional de Águas – ANA e do Serviço Nacional Informações sobre Saneamento (2015), mostram que há regiões que sofrem com escassez e falta de água decorrentes da inexistência ou insuficiência de mananciais, bem como pelas deficiências na prestação dos serviços de saneamento.

A situação brasileira chama mais atenção quando se fala sobre disponibilidade hídrica, respeitado o seu conceito técnico que considera ser a mesma a vazão de alta garantia no tempo, ou seja, a vazão que garante o atendimento em 95% do tempo. Segundo a ANA (2016), a vazão média que circula no território nacional está em torno de 260.000 m³/s, sendo que 205.000 m³/s estão localizados na bacia amazônica.

Restariam 55.000 m³/s, submetidos a variações de profunda heterogeneidade que conduzem a média de 12.000 m³/s adotando-se a garantia de 95%, porém há regiões no Brasil onde esta média cai mais ainda. Com base na projeção de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) a disponibilidade nacional seria de 1.821,7 m³/capita/ano sem considerar a bacia amazônica. Porém como observado em ANA (2016), esta média per capita pode variar de 0% a 50% da média nacional a depender da região. Por limitações decorrentes do objetivo deste estudo, não se discutirá a disponibilidade para as bacias hidrográficas nacionais

A condição hídrica então motivaria nas regiões áridas e semiáridas do Brasil, potencialmente, projetos de reúso. Além das áreas urbanas que hoje possuem elevados consumos com per capita significativos, surgindo também como oportunidades Hespagnol (2002). Segundo se tem verificado nos últimos anos com a chamada crise hídrica que atingiu o sudeste do Brasil, a escassez de água passou a ser reconhecida como um fator importante a ser avaliado na gestão dos recursos hídricos e de saneamento.

Tradicionalmente a área denominada polígono da seca é um dos locais onde se faz necessário desenvolver estudos visando a implantação acelerada de sistemas de coleta e tratamento de esgotos que possam estar associados a projetos de reúso de águas. Da mesma forma, o desequilíbrio entre a demanda e a oferta de água nas cidades, conduz a necessidade de estudos que estejam voltados para o reúso de forma a preservar mananciais de água doce e priorizar os usos de água tratada e suas destinações.

A cada dia, fica mais evidente a necessidade de estabelecer o manejo racional de recursos hídricos como parte fundamental da gestão integrada das cidades, na medida em não há mais como tratar isoladamente os serviços de saneamento, sem relacioná-los com a capacidade dos mananciais disponíveis para atender as demandas domésticas, industriais, públicas e comerciais com vazões de alta garantia.

Mais grave pode ser encarada a situação das áreas rurais que necessitam de volumes de água elevados para seus projetos de agricultura e pecuária. Nestas regiões, o desafio do reúso se reveste da necessidade de encontrar sistemas de esgotamento sanitário que produzam vazões suficientes para atender demandas rurais e estejam a distâncias economicamente viáveis.

As formas de reúso, como exemplifica Hespanhol (2000), teriam maior potencial no Brasil com possibilidade de aplicação a curto prazo, se possuíssem projetos voltados para o reúso não potável na indústria, tanto em processos com em resfriamento; em usos urbanos como lavagem de pisos e irrigação de parques, jardins, campos de golfe; na agricultura em culturas cuja produção não seja de alimentos de consumo direto; na recarga de aquíferos ou mesmo em reúso potável indireto para equilíbrio da vazão de mananciais de água doce.

Em UNESCO (2017), se destaca a importância do reúso para atual situação de insegurança hídrica e crescimento das demandas, destaca-se ainda entre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM, a meta 6.3 (ODS6) que estabelece: “Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente”.

Há no entanto um ponto a ser solucionado para que se possa passar a ter o reúso como um fonte disponível de reforço aos sistema de suprimento de água, tanto para áreas urbanas como para áreas rurais. Este ponto tem sido um desafio para estudiosos e pesquisadores, os quais conseguem estabelecer tarifas para cada situação em que se pratica o reúso, mas não conseguiram chegar a uma estrutura tarifária que possa ser aplicada para as destinações desejadas.

Conhecer custos envolvidos com a implantação de sistemas para reúso de efluentes tratados de esgoto, principalmente os que estão relacionados com a Operação e a Manutenção – O&M, além dos que servem para garantir o retorno dos investimentos, representa o contexto geral da formulação de uma estrutura tarifária como se depreende a partir da pesquisa realizada entre 2000 e 2007 nos Estados Unidos como apresentado em American Water Works Association – AWWA (2008).

Neste estudo se pretende apresentar uma contribuição para que se possa ter uma estrutura tarifária referencial, capaz de ser aplicada na utilização da água de reúso em áreas urbanas, prioritariamente. Serão estudados e pesquisados modelos existentes, cases nacionais e internacionais, como também as estruturas tarifárias de algumas companhias de saneamento, além dos projetos de Estações de Tratamento de Esgoto – ETE que estão sendo implantadas em Maceió, Alagoas, Brasil.

2. OBJETIVO

2.1 Geral.

É objetivo deste trabalho de pesquisa desenvolver um modelo referencial de estrutura tarifária capaz de viabilizar a aplicação do reúso de efluentes tratados de ETEs, voltado para sua aplicação em áreas urbanas e para as finalidades que possam contribuir diretamente para o equilíbrio do balanço hídrico, redução do consumo de água tratada e apresentação de uma fonte alternativa de água segura, tendo como referência as potencialidades de fornecimento e consumo de água de reúso na região metropolitana de Maceió.

2.2 Específicos

a) Identificar ETEs e usuários, na região metropolitana de Maceió, com potencial para reúso de águas;

b) Levantar e/ou estimar os custos de implantação e operação de unidades de diferentes níveis de tratamento de efluentes em função da qualidade requerida para o tipo de reúso desejado;

c) Propor uma estrutura tarifária para reúso urbano em suas modalidades de Reúso Não Potável – RNP, e Reúso Potável Indireto – RPI;

d) Ser uma referência para estudos futuros para aplicação do reúso em áreas urbanas;

3. REVISÃO DE LITERATURA

A proposição de uma estrutura tarifária, por si só, já representa a análise multidisciplinar e multissetorial de elementos presentes nas áreas de recursos hídricos, saneamento, economia e direito, já que não é possível no caso de reúso, deixar de considerar a influência dos preços referentes a demanda pelo uso de água, pelos serviços de fornecimento da água de reúso e dos custos que devem ser avaliados para possibilitar o retorno dos investimentos, da O&M e do incentivo ao uso da água de reúso (M. MOLINOS-SENANTE, 2013).

Desta maneira, a revisão bibliográfica buscou contextualizar todas as variáveis e fatores que podem contribuir para que se tenha uma proposta de estrutura tarifária compatível com os critérios definidos na lei 11.445/2007 – Marco Regulatório do Saneamento.

3.1 Recursos hídricos: situação e cenários.

A prática do reúso está diretamente relacionada com a escassez de água, de modo que a utilização de efluentes tratados de esgotos sanitários domésticos já vem sendo praticada em muitos países com várias finalidades, tais como: recarga de aquíferos; injeção em aquíferos para redução de contaminação decorrente do avanço da cunha salina; para fins agrícolas com irrigação; para usos industriais, como forma de reduzir o uso de água potável em processos, na limpeza de pisos, lavagem de ônibus, rega de parques públicos e campos de golfe; em RPI reforçando sistemas de captação ou mesmo em Reúso Potável Direto – RPD, Environment Protection Agency – EPA (2012).

Assim, neste subtítulo se apresentará um panorama da disponibilidade hídrica desde a visão nacional até a situação em Maceió, de modo a se poder estabelecer com clareza a base que possa justificar a necessidade de se planejar, ao menos, o uso da água de reúso para otimizar o suprimento de água para a finalidade de abastecimento humano e para equilíbrio do balanço hídrico, sem relevar as necessidades de ajustes na prestação dos serviços de saneamento básico.

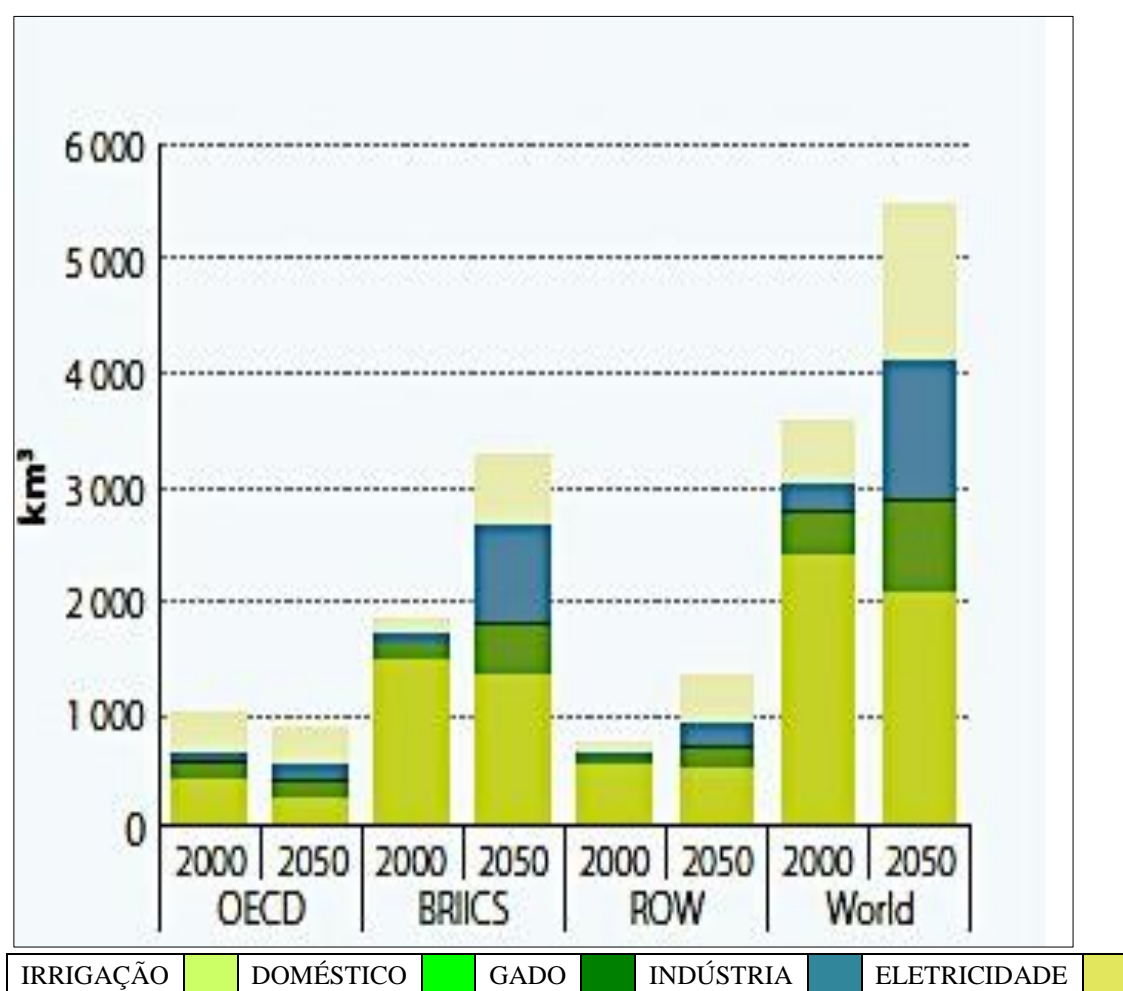
3.1.1 Disponibilidade hídrica: uma preocupação.

De acordo com algumas previsões, em 2050 haverá uma situação muito mais grave que a prevista para os períodos mais curtos, como tem se avaliado mais recentemente, em função do crescimento da população. Segundo Veriato et al. (2015), se prevê um aumento de

55% na demanda hídrica mundial por água doce para atender as diversas formas de uso enquanto se estima um déficit de 40% no suprimento de água.

Ainda de acordo com Veriato et al. (2015), como já se conhece de outras situações vividas no presente nas grandes cidades do mundo, a demanda por água é influenciada pela urbanização, pela deficiência de serviços de saneamento, pela necessidade de produzir mais alimentos e pelas mudanças climáticas. Conforme relatório da UNESCO (2015) a demanda global por água variará conforme a Figura 2.

Figura 2 – Projeção da demanda global por água em 2000 e 2050, por fonte de consumo.



Fonte: Adaptado de The United Nations World Water Development Report 2015, Water for a Sustainable world. OECD – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico; BRICS – Brasil, Rússia, Índia, Indonésia, China e África do Sul; ROW – Resto do Mundo.

O cenário mundial nos mostra que além do crescimento populacional e os fatores já apontados por Veriato et al. (2015) e segundo EPA (2012) alguns outros pontos conduzem para que se encontre mais motivos para incentivar o reúso com estudos e implantação de

projetos que saiam de escala de “projetos piloto” e possam de fato contribuir para aumentar a disponibilidade água doce de forma indireta ou indireta.

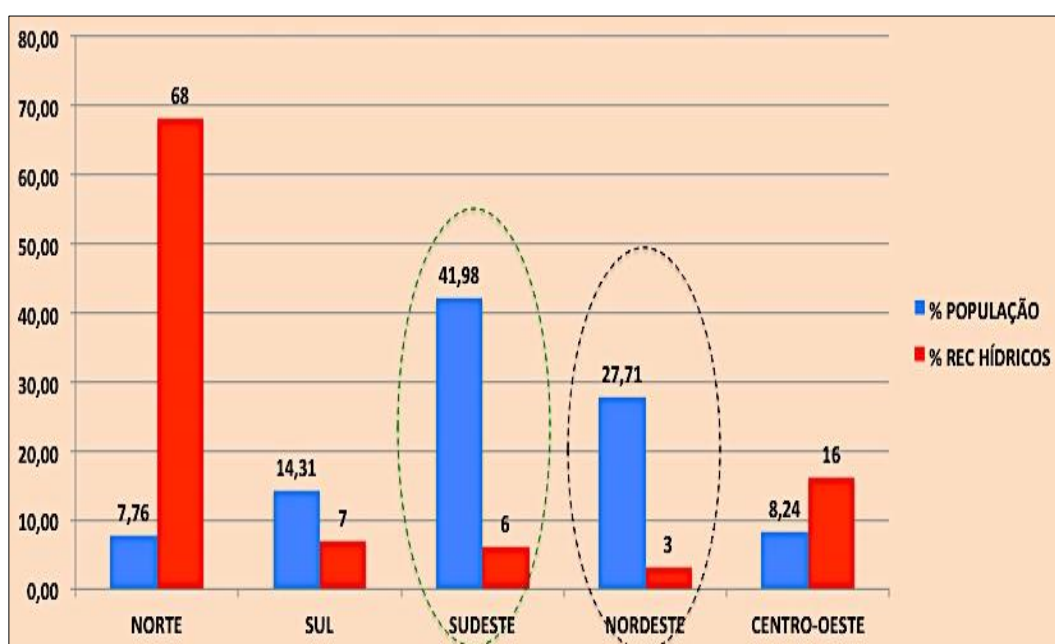
O relatório da EPA (2012) registra a importância de se considerar o reúso como uma forma de se fazer a gestão sustentável da água, na medida em que ao se fazer o reúso, se está preservando mananciais e conservando os recursos hídricos disponíveis no meio ambiente para usos mais nobres.

3.1.2 Disponibilidade hídrica no Brasil.

Até alguns anos atrás apenas os Nordestinos conseguiam entender o que era viver em regiões onde há falta de água por inexistência de mananciais perenes e onde existe um fenômeno cíclico chamado seca. Atualmente, em função do desabastecimento que atingiu o Sudeste provocando uma seca de escassez hídrica, o Brasil despertou para conceitos como escassez de água e crise hídrica.

Pode se considerar que a crise hídrica no Sudeste tem como explicação básica a redução na pluviometria com a ocorrência de chuvas abaixo da média por períodos prolongados, a manutenção de níveis elevados de consumo percapita, perdas de água acima das aceitáveis nos serviços de saneamento e a natural relação entre a disponibilidade de água e a população como se observa na FIGURA 3.

Figura 3 – Relação entre a população e oferta de recursos hídricos no Brasil.



Fonte: ANA (2016)

Como já se mencionou na introdução, em termos de disponibilidade média de água que passa pelo Território nacional, o Brasil estaria em boas condições, entretanto, 78,8% dessa disponibilidade está na bacia amazônica os 21,2% restantes estão disponíveis para o restante da população brasileira ou 92,24% desta. Números preocupantes.

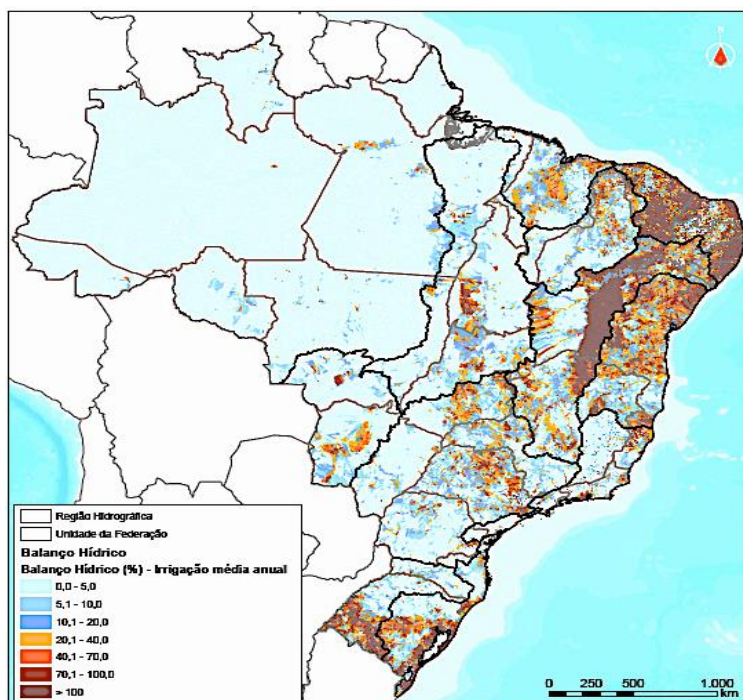
Em ANA (2016), se confirma a situação de escassez ou limites de escassez em algumas regiões, quando se faz referência ao princípio da segurança hídrica e sua relação direta com a disponibilidade. No relatório da ANA (2016), é possível verificar que esta vazão que garante a disponibilidade com 95% de segurança não está diretamente relacionada com a vazão média de 260.000 m³/s que circula no Brasil e sim com o valor de 55.000 m³/s que atende as demais regiões hidrográficas, excetuando a Amazônica.

Assim, além da distribuição espacialmente irregular dos recursos hídricos no país e inconstante quanto a quantidade e o tempo, a ANA estima que seria de 12.000 m³/s esta vazão de garantia da disponibilidade para atender o restante da população fora da região Amazônica, ou seja, aproximadamente 92,3% da população brasileira deveria ser atendida com esta vazão.

Se os números gerais colocam uma disponibilidade percapita maior que os definidos 1.700 m³/hab./ano (UNESCO, 2000), ao se observar a distribuição da água de forma mais detalhada se verá que em muitas regiões do Nordeste o valor já ronda os 1.000 m³/hab./ano ou menos, caracterizando situações de grave estresse hídrico. Por outras razões que não apenas variações climáticas, mas aumento acelerado da população, o Sudeste também apresenta índice preocupante.

Então, em resumo sobre a condição do Brasil em relação a escassez de recursos hídricos, o desequilíbrio da relação oferta x demanda por água doce e a própria característica climatológica e ambiental, a FIGURA 4 mostra com clareza como se avaliava a disponibilidade hídrica no Brasil em 2015, com o mapa revalidado em ANA (2016), com atualização das demandas hídricas consuntivas feita em 2015, principalmente para as vazões de irrigação.

Figura 4 – Balanço hídrico nacional.



Fonte: ANA (2016).

A FIGURA 4 nada mais faz que confirmar o que se expôs sobre a disponibilidade hídrica, com a demonstração da área de aridez que atinge aproximadamente 980.000 Km² da região Nordeste, ou seja, 68% de sua área total e se agrava ou se reduz em função da seca. A escassez também é um fator que interfere na qualidade da água na medida em que a quantidade para diluição fica muito reduzida.

A qualidade da água também é um fator relevante. Chama-se atenção para o fato de que nem sempre os Estados tem cumprido com a obrigação de fazer o devido monitoramento, restando muita falta de indicadores de forma completa ANA (2016), podendo se consultar o mapa do Brasil com as médias de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO que é um dos indicadores do Índice de Qualidade das Águas – IQA, no relatório da ANA, observando que as cargas poluidoras mais significativas para a DBO aparecem nas regiões de grande urbanização, caracterizando a falta de sistemas de esgotamento sanitário completos.

Às vezes falar sobre a qualidade da água, principalmente a conhecida como bruta, existente nos mananciais de superfície ou subterrâneos, parece não ser relevante porque a percepção da sociedade ainda está muito relacionada com a visão da “água limpa” na torneira. Porém, a cada dia que passa é necessário conjugar na gestão de recursos hídricos os cuidados com quantidade e a qualidade.

Para tanto, ANA lançou em 2013 a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas – RNQA) no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA). A implementação da RNQA ocorre em parceria com órgãos estaduais de meio ambiente e de gestão de recursos hídricos. Além da RNQA, a ANA lançou em 2014 o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA. Estas iniciativas visam fomentar o desenvolvimento das redes estaduais de monitoramento de modo a preencher as lacunas de informações de qualidade de água existentes no Brasil e gerar subsídios importantes para a gestão dos recursos hídricos no país.

Considerando que o objetivo desta dissertação tem seus fundamentos relacionados com o Estado de Alagoas e principalmente sua capital, Maceió, não se aprofundará o tema da escassez em termos nacionais e estaduais, tratando-se prioritariamente de observar este tema em relação a região objeto da dissertação. Todavia, é possível compreender que o Estado de Alagoas está inserido na classificação de preocupante a muito crítica, o que induz a busca de alternativas para melhorar o balanço hídrico para o Estado e para Maceió.

3.1.3 Maceió e as regiões hidrográficas de Alagoas.

Este subtítulo tem o objetivo de oferecer uma contextualização de Maceió no contexto do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, que desenvolveu um diagnóstico da situação no Estado com base nas bacias hidrográficas e apresentou também os programas, projetos e ações para a gestão adequada de recursos hídricos para as bacias hidrográficas e águas subterrâneas de Alagoas.

Em 2010 foi concluído o PERH/AL, o qual, espelhado no Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH também visou a implantação de um Sistema Integrado Estadual de Gestão de Recursos Hídricos – SIEGRH e as respectivas políticas estaduais que se adequam a legislação Federal e Estadual, respectivamente números 9.433/1997 e 5.965/1997, referidas aqui em resumos das demais leis, decretos, instruções normativas e resoluções que atendem ao setor de recursos hídricos.

Considerando a divisão por Regiões Hidrográficas – RH nacionais, o Estado de Alagoas está inserido nas do São Francisco e Atlântico Nordeste Oriental. Desde 2005, por intermédio da Resolução nº 06 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH –, o

Estado foi dividido em 16 regiões hidrográficas que englobam as 50 bacias hidrográficas que existem, como se verá na FIGURA 5, onde também está indicada a área do estudo.

Figura 5 – Regiões hidrográficas e bacias no Estado de Alagoas



Fonte: SEPLAG (2017)

Outra consideração importante como referência introdutória ao conhecimento da disponibilidade hídrica em Alagoas e Maceió, passa pela informação de que algumas das regiões formadas com o zoneamento definido pelo CERH, possuem Planos Diretores de Recursos Hídricos – PDRH para suas bacias hidrográficas que foram revisados e analisados no PERH. A existência de planos diretores é sem dúvidas um fator que pode facilitar a avaliação das alternativas de planejamento e gestão que podem ser aplicadas na bacia.

Além do PERH já elaborado e da existência de planos diretores em algumas bacias hidrográficas, para a cidade de Maceió, está em elaboração o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB que aborda a questão da disponibilidade hídrica para Maceió e um recente estudo feito para ampliação do esgotamento sanitário na cidade (GSINIMA Brasil, 2017), os quais contribuem para que se conheça a situação da capital do Estado quanto aos recursos hídricos disponíveis.

Para a proposição da utilização de reúso de água em Maceió, entende-se ser necessário saber quais as regiões hidrográficas onde a cidade está inserida e as demais que compõem a região metropolitana da capital alagoana. Quando se desenvolve um estudo que visa apresentar alternativas de fontes de água que possam melhorar a disponibilidade hídrica, seja por lançamento direto em mananciais via RPI ou mesmo no futuro, para fins potáveis por

meio de Reúso Potável – RP, poder inserir tais estudos em PDRH existentes é um facilitador para o planejamento e a gestão de recursos hídricos e dos serviços de saneamento. Assim, a TABELA 1 apresenta a relação de bacias com PDRH por seus rios principais e a identificação da região hidrográfica, para aquelas localidades que serão avaliadas neste estudo.

Tabela 1 – Resumo de regiões hidrográficas de Alagoas onde há municípios da região metropolitana de Maceió e existência de PDRH

Região Hidrográfica (RH)	Rios e Riachos Principais	Municípios	Plano Diretor de Recursos Hídricos
CELMM – Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (RH XI)	Rio Sumaúma, Rio Estiva, Rio dos Remédios e Riacho do Silva. Lagoas e canais.	Atalaia, Barra de São Miguel, Boca da Mata, Coqueiro Seco, MACEIÓ , Marechal Deodoro, Maribondo, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte, São Miguel dos Campos e Satuba	Tem um plano de ações.
Mundaú (RH XII)	Rio Mundaú	Atalaia, Branquinha, Capela, Chã Preta, Flexeiras, Ibatiguara, MACEIÓ , Messias, Murici, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte, Santana do Mundaú, São José da Laje, Satuba, União dos Palmares e Viçosa	Sim
Pratagy (RH XIII)	Rio Pratagy, Rio Meirim, Rio Sapucaí e Bacias Metropolitanas	Barra de Santo Antônio, Flexeiras, MACEIÓ , Messias, Murici, Paripueira e Rio Largo	Sim
Camaragibe (RH XIV)	Rio Santo Antônio e Rio Camaragibe	Barra de Santo Antônio, Branquinha, Colônia Leopoldina, Flexeiras, Ibatiguara, Joaquim Gomes, MACEIÓ , Matriz de Camaragibe, Messias, Murici, Novo Lino, Passo de Camaragibe, São Luís do Quitunde e União dos Palmares	Sim

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

O município de Maceió está presente em quatro das regiões hidrográficas existentes no Estado. As participações em área e percentual em cada uma das regiões denominadas CELMM, Mundaú, Pratagy e Camaragibe é respectivamente de 33,3 km² e 6,52%; 14 km² e 2,74%; 439,7 km² e 86,10%; 5,5 km² e 1,08%. Verifica-se a importância da bacia do Rio Pratagy, como destaque e atenção aos estudos de perspectiva de reúso de águas. Os planos diretores existentes foram elaborados para 20 anos e todos vencerão entre 2017 e 2018, com exceção dos Rios Coruripe, 2021 e São Miguel, 2023.

3.1.4 Balanço hídrico: relação oferta x demanda

Feita a contextualização do município de Maceió no quadro institucional do PERH, é possível fazer uma avaliação das demandas e da disponibilidade de água que podem, a partir do balanço hídrico, apontar para a necessidade de fazer ou não o reúso de águas. Além disso,

neste subtítulo se tratará de apresentar a situação da RH XIII e as condições de abastecimento de água para Maceió também sob a visão apresentada no PMSB em elaboração.

Estudos realizados em 2005 dividiram as 16 RH de Alagoas em 39 Unidades de Planejamento – UP, sendo a RH XIII – Pratagy, considerada uma UP. Maceió possui e utiliza quatro mananciais, sendo o rio Pratagy e a água subterrânea os que mais contribuem para o abastecimento da cidade. Assim, se fará uma breve descrição das disponibilidades hídricas de superfície e subterrânea para o município em destaque nesta RH XIII.

A região Hidrográfica do Pratagy tem ao Norte a bacia do rio Camaragibe, a oeste a bacia do rio Mundaú, a sudoeste a região CELMM e a leste e sul o Oceano Atlântico. Abrangendo uma área de 762,8 km², compreende 7 municípios, a saber: Maceió, Murici, Messias, Paripueira, Flexeiras, Rio Largo e Barra de Santo Antônio. O município de Maceió, o mais populoso deles, tem 86,1% de seu território no interior da Região Hidrográfica, ocupando mais da metade da sua superfície. Além disso, é o único município que tem sua sede municipal dentro da região.

A Região Hidrográfica do Pratagy é formada por pequenas bacias hidrográficas que desaguam no Oceano Atlântico, e tem como principal problema, por conta da proximidade da região metropolitana de Maceió, o uso e a ocupação desordenada do solo e dos recursos hídricos. A região é dividida em 4 sub-regiões, a saber: Bacias Metropolitanas (onde se destacam as bacias hidrográficas do riacho Reginaldo e do rio Jacarecica), Bacia do rio Pratagy, Bacia do rio Meirim e Bacia do rio Sapucaí. A TABELA 2 apresenta a síntese da disponibilidade hídrica superficial nas bacias, destacando o papel da BH do rio Pratagy.

Tabela 2 – Síntese da disponibilidade hídrica segundo PDRH da RH Pratagy.

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Vazão Média (m ³ /s)	Vazão Máxima (m ³ /s)	Vazão Mínima (m ³ /s)	Vazão Média Específica (m ³ /s)
Jacarecica	25	0,80	78,00	0,11	0,032
Pratagy	151	3,98	33,00	0,26	0,026
Meirim	257	5,38	43,00	0,41	0,021
Sapucaí	125	2,59	23,00	0,26	0,021
Sauaçuí	56	1,28	11,00	0,14	0,023

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

Se constata que a vazão média total disponível na bacia em 2006 segundo o PERH (2010), era de 13,05m³/s e a bacia do Pratagy respondia por 30,5% da vazão média total,

apresentando a segunda maior vazão média específica naquela ocasião. Com a recente estiagem, a CASAL chegou a anunciar em 2015 um racionamento no sistema Pratagy. Tal condição de perda de vazão se constata pelo anúncio, desde 2012, de obras para aproveitamento do rio Meirim.

Embora tenha uma vazão média maior que a do Pratagy e por isso havia um projeto já licitado, para que fosse feita esta transposição de bacias para reforçar o sistema de abastecimento de água do Pratagy, houve uma alteração significativa com o abandono deste projeto em razão da baixa vazão apresentada pelo rio Meirim também, levando a Secretaria de Estado da Infraestrutura de Alagoas – SEINFRA, a alterar seus planos e deslocar a captação para o rio Saúde na mesma bacia hidrográfica do Meirim na RH XIII.

Dos sete municípios que compõem a RH, quatro pertencem a região metropolitana de Maceió, o que faz com que as bacias hidrográficas sofram grande influência da urbanização com suas consequências de poluição pelo lançamento de esgoto doméstico, tornando bacias como Reginaldo e Jacarecica total e parcialmente contaminadas, respectivamente, com graves danos ambientais para elas e degradação dos rios.

Em termos de qualidade da água há análises que mostram não ser o rio Pratagy ainda muito poluído no seu alto e médio curso (COSTA et al., 2014), como também os rios Sapucaí e Suaçuí ainda apresentam boa qualidade de água bruta.

A disponibilidade de água subterrânea também é muito relevante na RH XIII devido às suas características de produtividade de água e facilidade de captação nas formações sedimentares. O domínio fraturado, de ocorrência na região do alto curso dos rios Pratagy, Meirim e Sapucaí, é denominado de Sistema Aquífero Fissural. O domínio intersticial ou poroso é composto pelos aquíferos da Bacia de Alagoas, Formação Barreiras e Sedimentos de Praia e Aluvião. A formação Barreiras – Marituba é muito conhecida pelos parâmetros hidrogeológicos que possui, embora tenha sido prejudicada por contaminações de água salgada e esgotos brutos infiltrados. O que se constata é que a alta utilização de água subterrânea em Maceió por organizações públicas e privadas, com limitada gestão de fiscalização e controle tem elevado a vulnerabilidade dos aquíferos e notadamente da formação Barreiras – Marituba (OLIVEIRA, 2016). Na TABELA 3 está apresentada a síntese da disponibilidade hídrica subterrânea.

Tabela 3 – Síntese da disponibilidade de água subterrânea na RH Pratagy segundo o PERH.

Parâmetros de área e volume	Bacias				Total	
	Metropolitana	Pratagy	Meirim	Sapucai		
Área (km ²)	94,40	151,10	257,90	225,60	729,00	
Reservas totais	Permanentes (10 ⁶ m ³)	665,20	635,50	930,70	2.025,40	4.256,80
	Reguladoras (10 ⁶ m ³ /ano)	53,10	24,40	45,30	102,70	225,50
Disponibilidades (10 ⁶ m ³ /ano)	Potencialidades (10 ⁶ m ³ /ano)	54,40	25,70	47,10	106,70	233,90
	Virtual	54,40	25,70	47,20	106,70	234,00
	Instalada	51,20	3,20	0,60	5,00	60,00
	Efetiva	51,40	1,00	1,00	1,60	54,10

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

Apesar de se apresentar com dados e informações de 2010, o PERH ainda pode ser usado como referência neste estudo para possibilitar uma melhor estruturação da análise da situação de Maceió. Segundo o PERH, duas referências de avaliação técnica da situação das bacias hidrográficas de Alagoas foram utilizadas para determinação dos seus graus de estresse hídrico e necessidade de intervenções para garantir o suprimento de água, sendo elas:

a) Disponibilidade Específica de Água – DEA: representa a razão entre o volume de água disponível em uma determinada bacia (vazão disponível) pela população contida nesta mesma bacia.

A TABELA 4 traz uma descrição da aplicação da DEA com base em critérios que apontam os riscos de estresse hídrico, conflitos pelo uso da água e gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas, recomendando soluções.

Tabela 4 – Descrição do conceito da DEA e suas implicações para a sociedade.

Disponibilidade Específica de Água - DEA (m ³ /hab.ano)	Tendência para o surgimento de Estresse Ambiental e Geração de conflitos.	Problemas Associados ao Gerenciamento Hídrico
DEA ≥ 10.000	Sem tendência para o surgimento de estresse ambiental ou conflitos. Quantidade de água suficiente para o atendimento das necessidades humanas e meio ambiente.	Sem problemas ou problemas limitados.
10.000 > DEA ≥ 2.000	Surgimento de pequenas disputas com relação ao uso da água devido principalmente a processos isolados de poluição, que podem causar efeitos adversos ao meio ambiente. Surgimento de estresse ambiental devido ao comprometimento da capacidade natural de autodepuração e contaminação do ambiente aquático e surgimento de conflitos relacionados ao uso da água, causados por problemas generalizados de poluição, podendo contribuir para a redução na intensidade ou interrupção de algumas atividades humanas.	Problemas gerais de gerenciamento.
2.000 > DEA ≥ 1.000		Grande pressão sobre os recursos hídricos.

1.000 > DEA ≥ 500	Possibilidade de ocorrência de graves problemas ambientais, podendo comprometer a qualidade de vida da população em geral, intensificando ainda mais os conflitos relacionados ao uso da água.	Escassez crônica de água.
DEA < 500	Condição crítica com relação ao estresse ambiental e a geração de conflitos com relação ao uso da água, devendo ser priorizado o abastecimento urbano, a produção de alimentos básicos e a proteção do meio ambiente, restringindo as atividades industriais àquelas extremamente necessárias.	Além do limite de disponibilidade de água.

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

b) Pressão sobre os recursos hídricos é caracterizada como a relação entre demanda e a vazão média na bacia hidrográfica, sendo um importante indicador da relação disponibilidade de água x demanda, como se pode observa na TABELA 5. Este critério foi sugerido no livro “Água doce no Mundo e no Brasil, Aldo Rebouças et al, 2002”.

Tabela 5 – Definição da pressão sobre recursos hídricos.

Pressão = Demanda/Vazão méd.	Avaliação da pressão sobre os recursos hídricos
Pressão < 5%	Água considerada bem livre.
10% > Pressão ≥ 5%	Situação ainda confortável na BH, no Estado ou região em questão, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de abastecimento local.
20% > Pressão ≥ 10%	A atividade de gerenciamento já se torna indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
Pressão ≥ 20%	Situação crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

Desta forma, visando apresentar a situação da principal RH que atende Maceió, a TABELA 6, com base nos critérios de DEA e Pressão sobre recursos hídricos, resume em termos objetivos a condição do balanço hídrico com projeções até 2025.

Tabela 6 – Projeção de cenários do PERH para a RH do Pratagy

INDICADORES	UP XIII - Rio Pratagy					
	Cenário desejável			Cenário tendencial		
	2005	2015	2025	2005	2015	2025
Q Disponível l/s	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595
Demanda Total l/s	4.600,8	5.119,5	5.563,8	4.550,8	5.274,5	5.925,1
DEA m ³ /hab.dia	228,0	195,0	173,0	228,0	195,0	173,0
Pressão sobre Rec. Hídricos %	24,2	28,0	31,4	24,4	27,2	29,5

Fonte: Adaptada do PERH (2010)

Como já se viu que Maceió tem grande dependência desta RH e da disponibilidade de água nesta região, pode se avaliar as medidas que podem ser adotados para contornar as previsões e de fato ter soluções sustentáveis para a cidade a longo prazo. Ou seja, em aproximadamente oito anos poderá ocorrer um colapso no abastecimento de água e/ou um aumento considerável do uso de água subterrânea para compensar o déficit da água de superfície.

O PMSB em fase de elaboração para Maceió, tem uma clara visão das limitações do sistema de abastecimento de água da cidade, seja na produção ou na distribuição da água. Com a utilização dos indicadores de atendimento levantados e as projeções de demandas para os próximos vinte anos, visando a universalização, o diagnóstico é taxativo: as demandas por consumo e produção são superiores a capacidade instalada da CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas e a disponibilidade de recursos hídricos existentes nos mananciais em uso (PMSB, Produto 3.2, 2016).

A ANA – Agência Nacional de Águas no Atlas Brasil, Abastecimento Urbano de Água (Diagnóstico 2015), sobre a necessidade de investimentos, destaca a situação de uso dos mananciais de abastecimento para Maceió e projeta em um mapa esquemático a condição dos mesmos para o atendimento das demandas. O prognóstico para Maceió é de novo manancial.

A cidade de Maceió é atendida por três sistemas produtores para o abastecimento de água cujos mananciais estão localizados, dois deles na área urbana e um, o Pratagy ainda em zona rural. Os poços se distribuem ao longo da cidade e atendem isoladamente alguns bairros mais afastados, normalmente injetando diretamente na rede de distribuição e sem tratamento das água captadas.

A utilização de poços profundos em Maceió se dá de forma mais intensa desde a década de 90 no século passado. A participação da água subterrânea no balanço hídrico como fonte produtora chegou a atingir 80% do total da água produzida. As razões para tão elevado uso decorriam da falta de água na cidade pois o sistema Pratagy estava em construção, a verticalização das habitações em curto espaço de tempo e a facilidade para captar água por meio de poços, com garantia de qualidade e quantidade excelentes, facilitou a prática. Grandes baterias de poços como do alto, médio e baixo Reginaldo chegavam a produzir 200 m³/h por poço em média. As profundidades de perfuração giravam em torno de 100 metros. (PERH, 2010).

A produção de água para Maceió, segundo dados da CASAL (2017), está posta na TABELA 7.

Tabela 7 – Distribuição percentual da produção de água para Maceió.

Sistema	% de utilização
Pratagy	37,4
Católé	14,5
Aviação	6,2
Poços	41,9

Fonte: Adaptação de relatório operacional da CASAL (2017)

Com o passar do tempo a superexploração dos aquíferos provocou a intrusão salina nas baterias do médio e baixo Reginaldo, além de outros problemas com a presença de ferro na bateria de Mangabeiras. Houve também rebaixamento do nível estático e mais recentemente a presença muito ativa de nitratos.

Em novembro de 2016 a CASAL fornecia água subterrânea captada em 179 poços profundos em várias regiões da cidade. Um dos problemas que agrava a disponibilidade de água é a contaminação de aquíferos e poços como se verá na TABELA 8.

Tabela 8 – Relação de poços profundos contaminados em Maceió.

Contaminação detectada em poços de Maceió					
Unidade de Negócio	Vazão Total dos poços m ³ /h	Nitrato	Ferro	Cloretos	Amônia
Benedito Bentes - UNBB	744,89	16	23	0	6
Farol - UNFA	1.037,28	18	21	3	3
Jaraguá - UNJA	128,7	1	9	2	0

82 poços com contaminação e sob monitoramento.

Fonte: Adaptado de relatório operacional da CASAL (2016).

Por fim, merecem considerações os dados disponibilizados pelo PMSB, pelo PERH e por relatórios da CASAL (2016; 2017) que apontam uma diversidade de valores que se explicam pelos critérios adotados em seus cálculos e projeções. Os estudos populacionais e índices de atendimento em que se baseiam a CASAL e o PMSB, são, de início, fontes das causas das divergências.

A TABELA 9 visa mostrar que mesmo com números diferentes no PERH, no PMSB, nas avaliações da ANA e nos relatórios da CASAL, se constata que Maceió terá déficit de

mananciais nos próximos 10 anos se continuarem se mantendo os indicadores de gestão dos serviços e de recursos hídricos, em que peses os avanços gerenciais registrados.

Tabela 9 – Projeção de cenários de vazões e atendimento com água para Maceió.

CENÁRIO FAVORÁVEL							
Ano	Pop. Res.	Pop. Flutuante	Cons. Méd. Per capita	Atendimento	Consumo	IP - Índice de Perdas Total	Vol. Água Trat.
	Hab.	Hab.	l/hab. dia	%	m ³ /s	%	m ³ /s
2016	1.039.976	50.506	243,1	58	1,780	48,00	2,633
2025	1.224.626	74.193	213,1	100	3,203	37,65	4,282
CENÁRIO INTERMEDIÁRIO							
Ano	Pop. Res.	Pop. Flutuante	Cons. Méd. Per capita	Atendimento	Consumo	IP	Vol. Água Trat.
	Hab.	Hab.	l/hab. dia	%	m ³ /s	%	m ³ /s
2016	1.039.976	50.506	243,1	58	1,780	48,00	2,633
2025	1.224.626	74.193	223,7	88	2,959	40,80	4,166
CENÁRIO DESFAVORÁVEL							
Ano	Pop. Res.	Pop. Flutuante	Cons. Méd. Per capita	Atendimento	Consumo	IP	Vol. Água Trat.
	Hab.	Hab.	l/hab. dia	%	m ³ /s	%	m ³ /s
2016	1.039.976	50.506	243,1	58	1,780	48,00	2,633
2025	1.224.626	74.193	243,1	72	2,631	48,00	3,892
CENÁRIO COM DADOS DA CASAL EM 2016							
Ano	Pop. Res.	Pop. Flutuante	Cons. Méd. Per capita	Atendimento	Consumo	IP	Vol. Água Trat.
	Hab.	Hab.	l/hab. dia	%	m ³ /s	%	m ³ /s
2016	983.406	0	411,82	100	4,687	55,00	8,680
2025	1.158.027	0	250	100	3,351	45,00	5,077

Fonte: Adaptado de relatório operacional da CASAL (2016); PERH (2010); PMSB (2017).

3.2 Motivação para o reúso de águas.

Em geral, pode se entender que a escassez de água, a falta de água e a existência de águas residuais oriundas de sistemas de tratamento de esgoto ou não, podem ser fatores suficientes para determinar que há motivação para que sejam desenvolvidos estudos e implantados sistemas de reúso ou, como se identifica em alguns países, para a reciclagem da água.

É conhecido o fato que o uso de água para suas várias finalidades, independentemente da quantidade disponível, é fonte de geração de água residuais e que estas são lançadas diretamente na natureza muitas vezes sem qualquer tratamento, com exceção do que se pode

encontrar regularmente em cidades mais desenvolvidas. Nos países de alta renda cerca de 70% das águas residuais urbanas e industriais produzidas são tratadas. Este índice cai para 38% em países de média-alta renda e para 28% em países de média-baixa renda, enquanto que apenas 8% dessas águas utilizadas passam por algum tipo de tratamento em países de baixa renda. Assim, com base nesses índices, mais de 80% das águas residuais são lançadas em corpos receptores sem tratamento adequado. (UNESCO, 2017).

Com a crescente demanda e degradação do meio ambiente, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, as águas residuais ganham importância como fonte alternativa confiável de água, deixando de ser vistas tão somente como aquelas cujo processo seja o tradicional de coleta, afastamento, tratamento e eliminação, para acrescentar a este ciclo comum as etapas de reúso, reciclagem e recuperação de recursos hídricos. Nesse sentido, as águas residuais não seriam mais vistas como um problema que precisa de uma solução, mas sim como parte da solução para os desafios que as sociedades enfrentam na atualidade. As águas residuais também podem apresentar uma relação de custo–benefício positiva e constituir uma fonte sustentável de energia, nutrientes e outros subprodutos úteis. Os benefícios potenciais da extração de tais recursos das águas residuais vão muito além da saúde humana e ambiental e tem implicações sobre a segurança alimentar e energética, assim como na mitigação da mudança climática. No contexto de uma economia circular, na qual o desenvolvimento econômico é equilibrado com a proteção dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental, as águas residuais representam um recurso amplamente disponível e valioso. As perspectivas são sem dúvida otimistas, desde que as ações sejam realizadas imediatamente.(UNESCO, 2017).

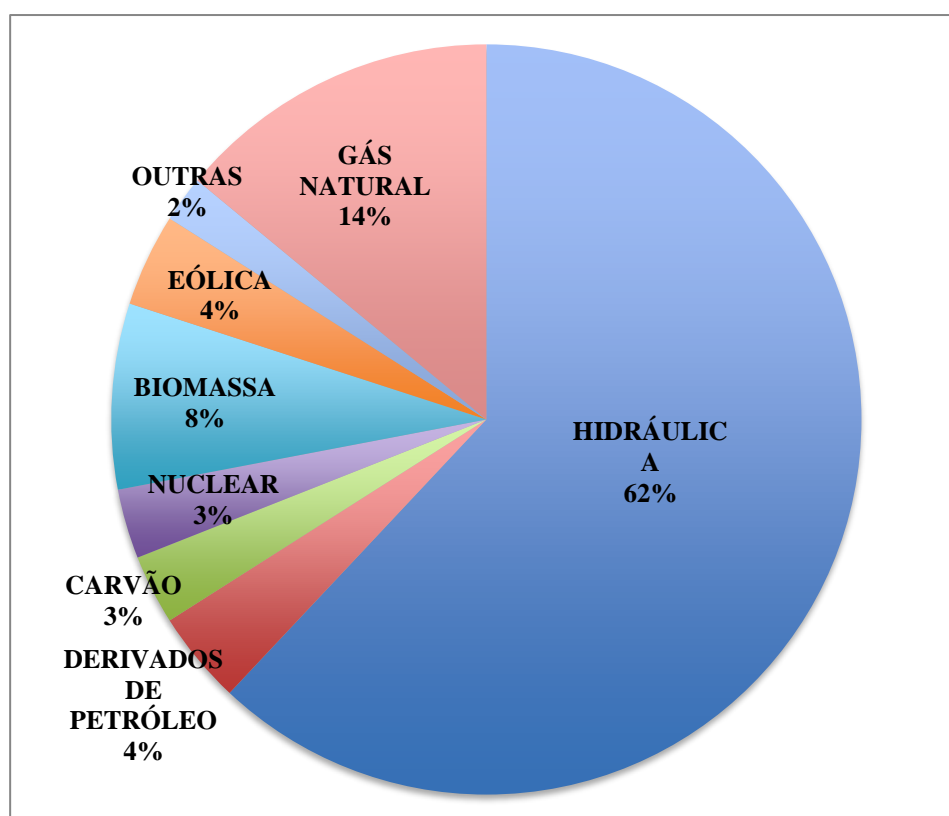
De acordo com Guidelines for Water Reuse (EPA,2012), desde 2004 não se alteraram os direcionamentos principais para que se faça o reúso em áreas que abordem as questões relativas a urbanização e escassez de mananciais, o melhoramento da eficiência no uso de recursos para reúso e a proteção do meio ambiente e da saúde pública, como fatores a serem observados na busca de motivação para o reúso em média e grande escala.

Em termos de exemplo de aplicação do reúso como uma das formas de atuar para manejar adequadamente os efeitos da escassez de água e da urbanização – crescimento populacional também – Singapura aparece como um dos primeiros países a utilizar o termo reúso de água como alternativa para melhorar o suprimento de água para sua população. Em 1972 os estudos de fontes de recursos hídricos não convencionais como reúso de efluentes de

ETE e dessalinização, foram introduzidos no Water Master Plan do país.(TORJADA et al.,2013).

Outro importante fator ainda não tão considerado no Brasil, diz respeito a relação conhecida nos Estados Unidos como Water-Energy Nexus, que mostra como a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental podem ser afetadas por políticas racionais e responsáveis de reúso. O Brasil, país onde a geração de energia elétrica é predominantemente de origem hidráulica, conforme a FIGURA 6, talvez seja a hora de realmente passar a ver a relação entre a água e as possibilidade dela ser utilizada como fonte de geração de energia elétrica e ela própria, como fonte de preservação dos mananciais para usos múltiplos de forma mais objetiva.

Figura 6 – Geração de energia por fonte.



Fonte: Thomaz, Rodrigo Alan (2017)

Com uma visão da gestão integrada do reúso de água para a sustentabilidade dos recursos hídricos, pode se entender que ele permite que a água doce seja preservada e conservada para usos futuros. O reúso de água atua compensando o uso de água disponível na natureza pela redução de bombeamentos e retiradas de água de corpos hídricos. (EPA, 2012). A EPA desenvolveu princípios para o uso futuro de energia e água que incorporam conceitos

de eficiência, equilíbrio do setor de energia hidráulica, consideração de águas residuais como recurso e planejamento integrado de recursos hídricos e o reconhecimento dos benefícios sociais.

Ainda tendo os EUA como referência, no caso da proteção ao meio ambiente e a saúde pública, os requisitos e exigências para que o reúso seja praticado de forma segura vem sendo cada vez mais rigorosos e variam de região para região em função das necessidades, demandas e escassez de água. Existem muitos exemplos de reúso em que se estabelecem os limites legais e técnicos para evitar que o reúso possa implicar em algum dano ao meio ambiente e à saúde pública. (EPA, 2012).

Desta forma, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, há um bom número de anos, já se entendeu que reutilizar as águas residuais encontra ampla motivação no conceito básico apresentado na FIGURA 7.

Figura 7 – Fatores que podem levar a motivação para o reúso de águas.



Fonte: Costa, Álvaro José Menezes (2015)

Pelo que já foi exposto no subtítulo 3.1, a cidade de Maceió já se enquadra como uma área urbana com déficit em seus mananciais, tanto pelos estudos da ANA como pelos realizados para o PMSB ou PERH. Ou seja, sob a ótica do balanço hídrico com avaliação da disponibilidade hídrica e das demandas, Maceió apresenta motivos para que se implante o reúso.

Avaliando pelo lado da existência de sistemas de esgoto que possam possibilitar a implantação de reúso, com modalidades a serem oportunamente definidas, pode ser feita uma análise a partir do que está hoje em operação e dos projetos de ETE que estão sendo informados atualmente pela CASAL.

Uma forma de avaliar a situação atual é verificar as informações contidas no Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SNIS (2015). Assim, tem-se:

População urbana atendida com água – 96,68%

População urbana atendida com esgotamento sanitário – 34,99%

Índice de coleta de esgoto – 35,6%

Índice de esgoto tratado em função da água consumida – 35,6%

Extensão de rede – 407,53 km

Ligações totais – 40.679 unidades

Ligações ativas – 34.097

População – 353.122 habitantes

Em termos operacionais há vinte estações elevatórias de esgoto para transposição de vazões e duas estações de tratamento. O sistema coletivo de esgotamento sanitário de Maceió operado pela CASAL pode ser dividido em duas grandes áreas de tratamento diferentes:

– Sistema de Disposição Oceânica (Emissário Submarino), que atende cerca de 16% da população urbana de Maceió.

– Sistema de lagoas de estabilização Benedito Bentes I, que atende cerca de 2% da população urbana de Maceió.

Há ainda os sistemas condominiais de Tratamento por Lodo Ativado, que atendem cerca de 1% da população urbana de Maceió e que não são operados pela CASAL, ficando a cargo das administrações dos condomínios ou associações de moradores.

A ETE do Benedito Bentes I recebe esgoto coletado do próprio Benedito Bentes I e do II. Esta região também é conhecida hoje pela quantidade de conjuntos habitacionais do MCMV – Minha Casa Minha Vida, o que levou ao surgimento de muitos sistemas isolados nessa região.

O Sistema de Tratamento e de disposição final dos esgotos sanitários de Maceió consiste de tratamento preliminar e disposição final oceânica por emissário submarino. Este foi projetado para atender as necessidades de Maceió até o ano 2010, com população prevista de 1,2 milhões de habitantes, vazão média de esgotos de 2,6 m³/s e máxima de 4,2 m³/s. Como Maceió ainda não atingiu sua população de projeto e existe rede em apenas 30% da cidade, atualmente o sistema funciona com apenas 30% de sua capacidade, segundo alguns dados, entretanto, há sempre divergências entre os números fornecidos pela CASAL e SNIS como se verá.

A Estação Elevatória de Esgoto do Emissário Submarino foi projetada para operar com 8 grupos motor bomba, sendo 2 conjuntos maiores com capacidade de 3.860 m³/h de vazão e 350 CV de potência; e 6 conjuntos menores com capacidade para 800 m³/h de vazão e 125 CV de potência. Entretanto, como a ETE ainda não opera em sua capacidade total, somente 3 dos conjuntos menores e uma das bombas maiores se encontram em operação atualmente. A elevatória conta ainda com uma subestação de energia própria, o que a mantém em funcionamento mesmo quando há quedas de energia na rede do município.

Segundo dados da CASAL (2017), a vazão média na estação de bombeamento do emissário submarino é de 1,43 m³/s, correspondente a utilização de quatro bombas de 800 m³/h de forma intercalada ao longo de 24 horas e de uma bomba de 3.860 m³/h no máximo por 12 horas. Há indicações também da ocorrência de vazões de até 1,6 m³/s.

Localizada no Bairro Benedito Bentes I, o projeto original da ETE de Lagoas de Estabilização previa o tratamento do esgoto coletado por meio de um sistema formado de 3 lagoas aeradas: a primeira com área de 1 hectare e 6 aeradores, a segunda com área de 0,6 hectares e dois aeradores, e a terceira com 0,9 hectares de área e também com dois aeradores. O projeto inicial indicava ainda uma estação de desinfecção por cloração após o efluente passar pela terceira lagoa. Entretanto, essa estação de desinfecção nunca foi implantada. As lagoas do Benedito Bentes como foram chamadas, além de apresentarem problemas permanentes em seus aeradores eletromecânicos, desde furto sistemático de cabos de

sustentação ou elétricos, elas sempre foram entregues à própria sorte, sem manutenção ou controle.

Entretanto, a realidade para Maceió, segundo o SNIS 2015 apresenta uma outra situação em termos de quantidade esgoto bombeado, até muito diversa dos dados operacionais da CASAL, notadamente quando se observa a vazão de bombeamento na estação do emissário submarino:

Vazão de produção de água: 2,37 m³/s

Vazão consumida: 0,94 m³/s

Vazão de esgoto: 0,34 m³/s

Se for considerada a realidade exposta pelo SNIS 2015, para uma projeção de vazão para reúso se estimaria que poderia se reutilizar 75% desta vazão após a aplicação de uma unidade de Ultrafiltração – UF, por exemplo.¹ Desta forma, poderia se gerar já uma oportunidade ter uma fonte alternativa correspondente a 0,26 m³/s ou 27% da vazão de água consumida em Maceió ou 11% da vazão produzida.

Com os números da CASAL apenas no emissário submarino de Maceió, atualmente, considerando uma vazão média de 1,43 m³/s, há um potencial de reúso de 1,07 m³/s, o que é uma grande disponibilidade de fonte alternativa de água para várias finalidades.

O Governo do Estado prevê com a CASAL que por meio dos contratos de PPP do Tabuleiro e de Locação de Ativos para esgotamento do bairro do Farol e adjacências, se atingirá até 2020, um atendimento de 70% da população de Maceió. Neste contratos estão previstas duas novas ETE e há também um projeto na CASAL para que se implante na área do emissário submarino uma ETE nova para tratar a vazão que chega ao emissário, o que levará a 100% de tratamento a nível secundário do esgoto coletado oficialmente pela CASAL.

As duas novas ETE representarão um acréscimo de vazão tratada da ordem de 385 L/s (1.386m³/h) e 238 L/s (846,8 m³/h), totalizando 623L/s (2.242,8 m³/h). Maceió então apresentará uma oportunidade de implantar um sistema de reúso que atingirá o montante de

¹ Considerado que 75% vazão de entrada na ETE sai em excelentes condições e 25% retorna para o sistema (zero liquid discharge)

468 L/s (1.684,8m³/h) das ETEs novas mais 260L/s (936 m³/h) do sistema existente, levando a uma vazão de 728 L/s (2.620,8 m³/h) de vazão de reúso, confirmando a existência de motivação em todos os sentidos para que se estude o reúso para a área urbana da cidade. Isto com base nos dados do SNIS 2015

A oportunidade de reúso apenas pela quantidade de vazão disponível se eleva substancialmente se o valor médio total de 1.430 L/s (5.148 m³/h). Assim, se considera que tanto pelo déficit de mananciais como pela vazão disponível para reúso, que Maceió apresenta motivação suficiente para que se planeje e se pratique o reúso de águas.

Diante da discrepância entre os números obtidos no SNIS 2015 e os dados da CASAL, é preferível considerar que a vazão a ser considerada como disponível está mais próxima dos números operacionais da companhia, visto que de acordo com o Relatório Gerencial da empresa a população atendida informada é de 354.519 habitantes o que levaria a uma geração de esgotos de 0,9 m³/s em média.

3.3 Aplicações típicas de reúso.

Antes de endereçar as questões relativas aos tipos de reúso que podem ser praticados, este capítulo fará uma referência ao conceito adotado nos Estados Unidos da América de “fit for purpose” que é a finalidade do reúso adequada a necessidade que se deseja atender. Naquele país, de acordo com o Guideline for Water Reuse (2012), a utilização deste conceito possibilitou a utilização de estratégias de planejamento que possibilitaram iniciar de forma mais sustentável a prática de reúso.

Há que se considerar também neste estudo, como nos Estados Unidos, que para qualquer que seja a finalidade do reúso, se considerou que a ETE deverá ter nível de tratamento secundário, pelo menos. Assim, as atividades complementares de tratamento serão explanadas no item a seguir.

No subtítulos que compõem este capítulo então, estarão registrados os diversos tipos de uso do reúso de águas e suas perspectivas iniciais para Maceió.

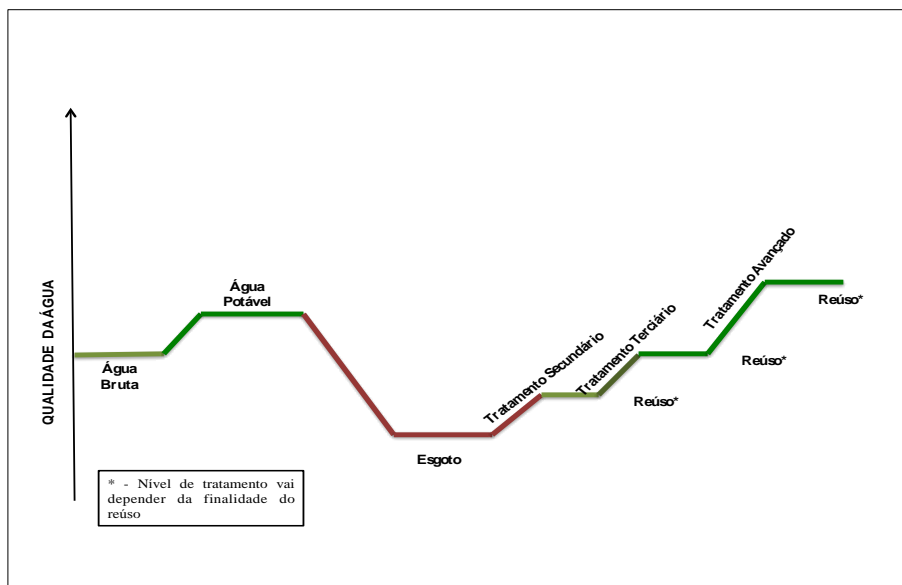
3.3.1 A Utilização adequada.

Nos Estados Unidos a análise criteriosa do princípio de “Fit for Purpose” tem se fortalecido nos últimos anos, principalmente para que o reúso ocorra a partir de ações bem planejadas. Assim sendo, é muito importante saber qual o tipo de tratamento que deverá ser utilizado para um determinado tipo de reúso e vice-versa. Ter uma finalidade que esteja adequada ao tratamento que se fará do esgoto é uma obrigação básica nos estudos para implantação de sistemas de reúso. Desde o simples lançamento que se fazia do esgoto diretamente no solo para uma “fértil irrigação” até a recarga de aquíferos e outros usos do reúso não potável indireto para evoluir a métodos para o reúso potável direto, a eficiência dos sistemas de tratamento de água e de esgoto trazem a cada dia melhor engenharia na execução das estações de tratamento e na gestão dos processos naturais de tratamento de esgoto de modo que há uma boa faixa de sistemas e tecnologias que podem ser escolhidas em função do uso que se dará a água de reúso (EPA, 2012).

A FIGURA 8 apresenta o gráfico que mostra os níveis de tratamento que podem ser alcançados em função dos tipos de reúso que se deseja praticar. É visto que desde o tratamento secundário do esgoto até o tratamento avançado podem ser adotados, o que pode significar a utilização de membranas filtrantes para aumentar a qualidade do tratamento e remoção de patógenos e compostos orgânicos.

No Guidelines for Water Reuse (2012), há recomendações relevantes sobre as etapas a serem seguidas para que se aplique o reúso com base no tipo de tratamento disponível. Desta forma, para o adequado planejamento do projeto para reúso é necessário ter algumas barreiras de seleção definidas, tais como: Controle da fonte de esgoto bruto que chegará a ETE: pré-tratamento para separar poluentes do esgoto doméstico; Filtração: utilizando desde métodos como filtração por gravidade, pressurização, membranas, biofiltração e métodos naturais como wetlands; Desinfecção: cloração, ultravioleta e ozonização.

Figura 8 – Projeção esquemática dos níveis de tratamento de água e esgoto para adequação ao reúso de águas.



Fonte: Adaptado de Guidelines for Water Reuse, 2012. Tradução do autor.

3.3.2 Tipos de reúso.

Na FIGURA 9 estão apresentados em linhas gerais os tipos de reúso que podem ser praticados. A partir deles, se fará uma apresentação resumida de cada tipo para melhor esclarecimento de suas finalidades.

Figura 9 – Descrição dos tipos de reúso e suas destinações.



Fonte: ALADYR (2017)

Para efeito de desenvolvimento deste estudo se destacará de início que apenas se tratará de reúso planejado, não sendo considerados os casos de reúso não planejado conforme

Mancuso et al. (2003), normalmente relacionados por exemplo com a captação de água para abastecimento humano em rios onde se faz o lançamento de grandes volumes de esgoto ou casos de utilização de efluentes de ETE que são utilizados em culturas agrícolas sem qualquer controle.

Desta maneira, conforme a FIGURA 9, o reúso planejado está dividido em dois grandes ramos: Reúso Potável – Indireto ou Direto; Reúso Não Potável. Para estes tipos tem-se então uma descrição geral da classificação dos mesmos (MANCUSO et al.; 2003):

- a. RPD – Reúso Potável Direto: quando se utiliza por meio de tratamento avançado o efluente tratado de uma ETE que é diretamente reutilizado em um sistema de abastecimento de água;
- b. RPI – Reúso Potável Indireto: quando o efluente tratado de uma ETE é utilizado diretamente em sistemas de águas superficiais ou subterrâneas para posterior captação;
- c. RNP – Reúso Não Potável: pode ocorrer em algumas formas como as descritas adiante.
 - Uso agrícola em plantas alimentícias e não alimentícias, além de dessedentação animal;
 - Uso industrial em processos, refrigeração de caldeiras e torres de ar condicionado, etc.
 - Uso urbano (municipal) campos de futebol, golfe, parques e jardins públicos, lavagem de ruas e redes de esgoto, garagens de transporte público, etc.
 - Uso ambiental na recarga de aquíferos e manutenção de vazões, principalmente com finalidades de recuperação do equilíbrio ambiental ou hidráulico do recurso hídrico.

Não há ainda no Brasil uma normatização ou regulamentação para o uso potável de água de reúso. De fato, há alguns exemplos em outros países de RPD e RPI, até mesmo já há no Brasil, todavia, o RPD é um desafio que mesmo em locais como Orange County na Califórnia, tem que seguir uma rigorosa definição de padrões de qualidade, procedimentos técnicos e operacionais, além de instituições para regulação. (HARRIS – LOVETT et al, 2015).

De forma resumida, a TABELA 10 traz a denominação internacional para as modalidades e os tipos de reúso em comparação com o que está posto na Resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH.

Tabela 10 – Modalidades, aplicações e comparações com o estabelecido na CNRH nº 54/2005

MODALIDADES DE REÚSO TÍPICAS		APLICAÇÕES TÍPICAS	APLICAÇÕES TÍPICAS SEGUNDO CNRH Nº54/2005
NÃO POTÁVEL	Agrícola	Irrigação para produção agrícola (culturas forrageiras, hortaliças, vinhas, etc.); Florestas plantadas.	Aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas
	Urbano	Irrigação paisagística (parques, cemitérios, escolas, centros comerciais, residências, rodoviárias, etc.); Sistemas de ar condicionado; Bacias Sanitárias em grandes edifícios; Desobstrução de redes de esgoto; Combate a incêndios; Construção civil; Lavagem de veículos.	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.
	Industrial	Torres de resfriamento; Caldeiras; Processo; Construção civil.	Utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais.
	Melhorias ambientais e recreacionais	Aquicultura; Lagoas; Manutenção de vazão de cursos de águas; Melhoria de banhado.	Utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação de meio ambiente. Utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos
	Recarga de aquíferos	Controle de intrusão de cunhas salinas; Controle de subsidências; Recarga de aquífero (não potável).	NA
POTÁVEL	Potável Indireto	Para suplementar fontes de água potável (corpos hídricos superficiais ou subterrâneos)	NA
	Potável Direto	Abastecimento direto da rede de água bruta ou água tratada.	NA

Fonte: Adaptado do Plano Nacional de Reúso. (2016)

3.4 Critérios de qualidade e padrões conhecidos no Brasil.

A colocação em operação de sistemas de reúso de efluentes de ETE e sua utilização para qualquer finalidade, pressupõe o conhecimento dos limites impostos pela legislação quanto a qualidade que o efluente de reúso deve apresentar e sua relação direta com a saúde pública e o meio ambiente. Portanto, neste trabalho que visa a proposição de uma estrutura tarifária para reúso, se entende ser mais importante conhecer os critérios de qualidade para os diversos usos que discutir os padrões, seus parâmetros e indicadores.

Em todo mundo não pode se dizer que exista um padrão para a qualidade da água de reúso, pois ela pode variar de acordo com a finalidade do reúso, as características locais como normas técnica, legislação e níveis educacional, econômico, político e social.

O que se tem hoje é que no Estados Unidos, por exemplo, a EPA publicou diretrizes para nível de tratamento e critérios de qualidade da água para vários tipos de reúso em 2004, atualizando o documento em 2012. Entretanto, em que pese cada Estado Norte Americano onde se pratica o reúso poder ter suas regulações e critérios de qualidade, o normativo mais difundido naquele país é conhecido como “Title 22” (Califórnia Code of Regulations, 2015). Então, mesmo para os EUA a existência de uma regra nacional está em discussão.

Outras entidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) e o Governo Federal Australiano (NHMRC,2011), publicaram diretrizes para o nível de tratamento e critérios de qualidade da água para RP e outros tipos de reúso. Enfim, as experiências e estudo mundiais apontam para o estabelecimento de padrões que definem o tratamento em múltiplas barreiras e níveis que vão dos menos restritivos aos mais restritivos.

Segundo Blum,(2003), alguns critérios gerais de qualidade precisam ser conhecidos e bem informados a geradores e usuários de água de reúso para que se tenha uma visão muito objetiva de que forma se pretende utilizar a água de reúso. Estes critérios gerais colocam dois fatores importantes associados a riscos:

RISCO SANITÁRIO X RISCO DE REJEIÇÃO AO USO

Assim, a depender o tipo de contato humano que poderá ocorrer com a água recuperada, esses critérios gerais de qualidade tem a ver com:

- Saúde pública – segurança sanitária;
- Aceitação de uso pelo usuário – qualidade estética da água recuperada;
- Preservação do meio ambiente – qualidade superior a do corpo receptor;
- Qualidade da fonte de reúso – confiabilidade do sistema de tratamento do esgoto;
- Fit for purpose – padrão de qualidade associado ao tipo de reúso.

Desta forma, os critérios conhecidos para qualificar o padrão de qualidade das águas de reúso não potável estão associados as modalidades praticadas, como se verá a seguir:

a) Agrícola.

Para o Brasil não há nenhuma legislação ou norma específica para água de reúso na agricultura em termos nacionais. A exceção conhecida entre as legislações estaduais é a do Estado do Ceará, por intermédio da lei nº 16.033/2016 que estabelece alguns padrões, tais como:

Atividades Tipo 1: Irrigação de vegetais ingeridos crus e sem remoção de película, dessorção de animais e aquicultura, conforme se segue:

o Coliformes fecais < 1000 CF/100mL

o Ovos de geohelminhos < 1 ovo/L de amostra

o Condutividade eléctrica < 3000 microS/cm

Existe ainda a Norma Brasileira – NBR nº 13.969/97, que é destinada a usuários de sistema local de tratamento de esgotos com tanque séptico como unidade preliminar, e coloca o reúso como alternativa para a disposição final dos efluentes de tanque séptico e estabelece padrões de qualidade de acordo com as classes de reúso definidas por ela:

Classe 4: Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos por meio de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

o Qualidade mínima exigida: Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.

b) Industrial.

As principais aplicações de água de reúso na indústria são para resfriamento, processos, alimentação de caldeiras, transporte de material, entre outros. A principal vantagem da utilização dessa fonte é segurança no fornecimento, principalmente quando as indústrias se localizam próximas a grandes centros urbanos onde grandes quantidades de efluente são geradas (CH2m Hill, 2016).

Em linhas gerais os critérios de qualidade se pautam por:

Torre de resfriamento: maior aplicação de água de reúso na indústria.

- Importante que sais sejam removidos para não danificar as torres;
- No Brasil, a amônia deve ser removida, pois muitas torres são antigas (feitas de cobre) e podem ser danificadas por reações.

Água para caldeiras: pouco utilizada devido a qualidade necessária.

- Tanto a água potável, quanto água de reúso devem passar por tratamento extensivo para remoção de sais, metais, alcalinidade, etc;
- Amônia deve ser removida no caso do Brasil, visto que várias torres são antigas (feitas de cobre) e a amônia pode danificá-las, como dito anteriormente;
- Quanto maior a pressão de operação da caldeira, mais restritivos são os requisitos de qualidade.

Água de processo: depende da aplicação.

- Para manufatura de concreto, por exemplo, a água pode ter qualidade de efluente secundário;
- Em indústrias químicas, água com pH neutro e baixa dureza, baixo teor de sais e sólidos e cor pode ser utilizada para vários processos;
- Outros processos, como na indústria de papel e tintas, requerem água com qualidade muito superior, sem a presença de metais e sais, por exemplo.

c) Reúso urbano.

Aqui novamente a lei nº 16.033/2016 e a NBR 13.969/1997, agora acrescidos da Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 28 de junho de 2017, são os normativos que fazem referência a padrões, como se verá adiante.

i) Lei nº 16.033/2016:

Atividades Tipo 2: Aquelas não referidas no inciso anterior (irrigação), conforme se segue:

o Coliformes fecais < 5000 CF/100mL

o Ovos de geohelminhos < 1 ovo/L de amostra

o Condutividade eléctrica < 3000 microS/cm

ii) NBR nº 13.969/1997:

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes:

o Qualidade mínima exigida: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L¹³.

• Classe 2: Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;

o Qualidade mínima exigida: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L¹⁴.

• Classe 3: Reúso nas descargas dos vasos sanitários;

o Qualidade mínima exigida: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 ml.

Apesar de não ser uma norma legal, as recomendações do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB são uma contribuição importante para a regulamentação de padrões de qualidade nacionais nas áreas de reúso agrícola, urbano e piscicultura, ou seja, reúso não potável. A FIGURA 10 reproduz os critérios recomendados após as pesquisas coordenadas no PROSAB (2006).

Figura 10 – Padrões de qualidade para reúso segundo o PROSAB.

Categoria	CT_{er} 100mL⁻¹ (6)	ovos helmintos L⁻¹ (7)
Usos irrestritos ⁽³⁾	≤ 200	≤ 1
Usos restritos ⁽⁴⁾	≤ 1 x 10 ⁴	≤ 1
Uso predial ⁽⁵⁾	≤ 1 x 10 ³	≤ 1

(1) Para o uso urbano do esgoto tratado não há restrição de DBO, DQO e SST, sendo as concentrações efluentes uma consequência das técnicas de tratamento compatíveis com a qualidade microbiológica estipulada (ver Capítulo 3). Para todos os usos recomenda-se que o efluente apresente qualidade esteticamente não objetável (ver também nota 5).

(2) O padrão de qualidade de efluentes expresso apenas em termos de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos aplicam-se ao emprego de sistemas de tratamento por lagoas. Nestes sistemas a remoção de (oo)cistos de protozoários é indicada pela remoção de ovos de helmintos. No caso de filtração terciária a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários. Para os usos irrestritos recomenda-se um padrão de turbidez ≤ 5 uT. Além disso, em sistemas que incluam a desinfecção deve-se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes.

(3) irrigação (campos de esporte, parques, jardins e cemitérios, etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar.

(4) irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira, etc.).

(5) Descarga de toaletes. Para efluentes com concentrações de DBO e NO₃ inferiores a 30 e 50 mg/l, respectivamente, e potencial de oxidação-redução igual ou superior a 45 mV, não é esperada a geração de odores no sistema de armazenamento.

(6) Coliformes termotolerantes; média geométrica, alternativa e preferencialmente pode-se determinar *E. coli*.

(7) Nematóides intestinais humanos; média aritmética

Fonte: PROSAB (2006).

3.5 Aspectos regulatórios e legislação.

Voltando a um conceito já adotado, duas formas de reúso são em geral consideradas: o planejado e o não planejado. Esta distinção tem relevância por apontar a necessidade cada vez maior de haver regras legais que estabeleçam desde padrões para o efluente tratado do esgoto em ETE, até os referentes a água recuperada nas estações adaptadas para o reúso e suas finalidades.

Como introdução a condição brasileira neste subtítulo, é necessário chamar atenção para algumas barreiras globais que foram observadas para que o reúso planejado pudesse ser ao menos estudado. Há alguns projetos que embora tecnicamente viáveis, não conseguem ser implantados devido a barreiras não técnicas como as institucionais, educacionais/percepção da sociedade e econômicas e organizacionais. (Lautze et al, 2012)

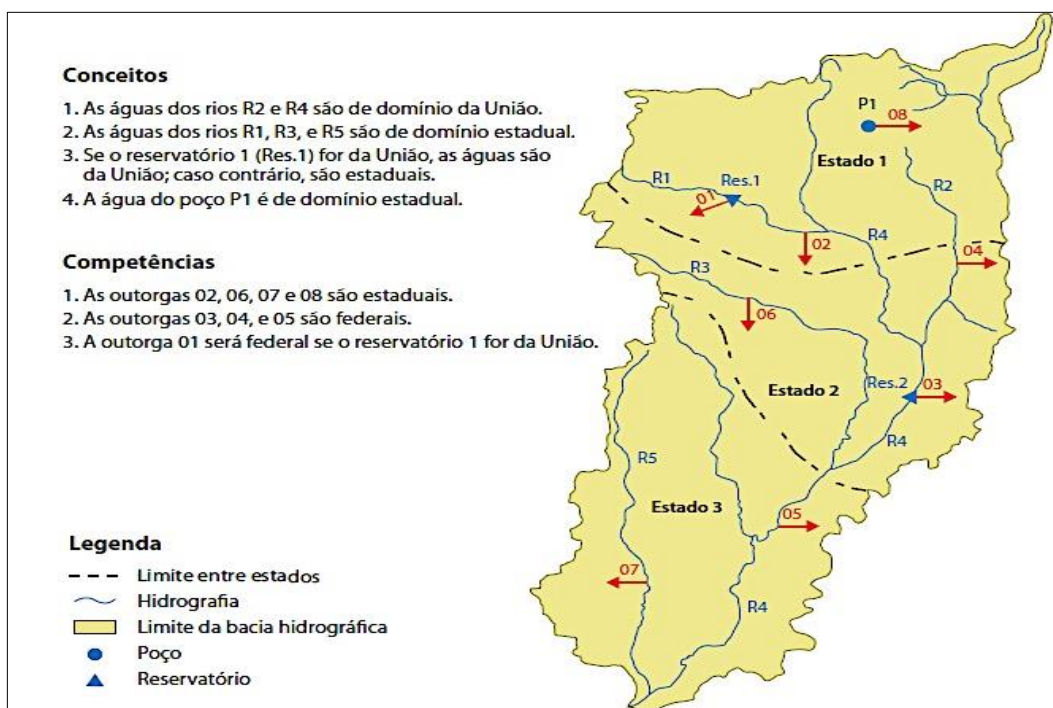
Embora no Brasil já estejam registrados exemplos de reúso planejado, ainda se discute muito algumas questões não resolvidas como a “propriedade da água de reúso”, os critérios e padrões de qualidade, a responsabilidade por autorizar o reúso e o papel regulatório das atuais agências nessa atividade.

A utilização de políticas e regulação são mais aceitas em locais onde tais práticas já são comumente efetivadas e desenvolvidas, tanto pelos prestadores de serviços como pelos seus usuários, como por exemplo nos EUA onde já há legislação e manuais nacionais e os estados tem autonomia para terem suas próprias legislações, ao contrário do que ocorre no Reino Unido onde há muito menos casos de reúso planejado, não havendo manuais ou regulação para projetos de reúso.(Wilcox et al, 2016).

No Brasil, embora já haja alguma legislação, normativos, resoluções que tratam de reúso e práticas nacionais e locais de utilização ampla de legislação e regulação no setor de saneamento e recursos hídricos, o pouco que há de reúso planejado passou por dificuldades para ser implantado e tem dificuldades para sustentar seu licenciamento em face da falta de legislação mais estável sobre critérios e padrões de qualidade para a água recuperada.

O papel do reúso é muito importante para o planejamento e gestão sustentável de recursos hídricos na medida em que é uma alternativa reconhecida para suprir demandas por água potável ou não potável.(Oliveira et al, 2016). Uma questão necessária, com o objetivo de orientar o entendimento da situação regulatória e legal, diz respeito a configuração legal para o uso de recursos hídricos no Brasil tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. De acordo com a FIGURA 11 , é possível visualizar como a legislação e a regulação consideram o domínio sobre recursos hídricos e as competências de outorga.

Figura 11 – Domínio legal das águas para efeito de outorgas.



Fonte: ANA (2016)

A FIGURA 11 remete a questão chave para o contexto regulatório e legal ainda não definido no Brasil. Com se enquadrará a água de reúso, tanto no conceito de dominialidade quanto de competências? Como o efluente, principalmente nas áreas urbanas, virá de serviços públicos operados sob regime de concessão ou autônomos, depois de reciclado, o efluente estará sob responsabilidade de que entidade? Que direitos serão estabelecidos para o gerador do efluente? Quem poderá autorizar a utilização do efluente tratado para reúso? Quem regulará a tarifa a ser cobrada?

É necessário então, conhecer o estado da arte da legislação no Brasil, com se vê na TABELA 11, para que se possa ter em mente os passos que podem ser sugeridos para fortalecer a prática do reúso a partir de ajustes e criação de novas leis, normas e resoluções que possam auxiliar na legalização do reúso de efluentes tratados de ETE.

Tabela 11 – Instrumentos normativos nacionais e estaduais.

ABRANGÊNCIA	LOCAL	DOCUMENTO	OBJETO/DESCRIÇÃO
Nacional	Brasil	Resolução CNRH nº 54/2005	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.
Nacional	Brasil	Resolução CNRH nº 121/2010	Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005
Estadual	Alagoas	Lei nº 5.965/1997	Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências. Art. 17 - Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em corpo de água.
Estadual	Alagoas	Decreto nº 06/2001	Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos prevista na Lei nº 5.695/1997. Art. 4º - XIV - outros usos: usos de recursos hídricos que alterem o regime, a qualidade ou a quantidade de um corpo d'água, inclusive a execução de obras ou serviços que configurem interferência e impliquem na alteração do regime, da quantidade ou da qualidade de um corpo d'água superficial ou subterrâneo; Art. 5º - Idem.
Estadual	Alagoas	PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos	Vol. 1 - Relatório Técnico - RT-03/Agosto 2010. Capítulos 6.1.5 - A tipologia da dominialidade das águas e 6.1.6 - Reúso de águas

Fonte: Plano Nacional de Reúso (2017)

Em linhas gerais se constata que basicamente São Paulo, com a recente resolução, o Espírito Santo e o Ceará possuem instrumentos legais que estabelecem critérios e padrões para reúso em atividades de maior impacto sobre o uso regular de água potável. Em outros Estados há legislações dirigidas para usos urbanos muito específicos e de critérios pouco restritivos, além de faltar maior detalhamento às leis. As resoluções do CNRH também são referências importantes.

Para o Estado de Alagoas, se constata que não há nada, além de indicações genéricas na lei estadual de recursos hídricos e seu decreto de regulamentação, além do que está citado no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Quando se trata da avaliação por situação em municípios, a TABELA 12 traça um panorama geral.

Tabela 12 – Instrumentos normativos municipais.

ABRANGÊNCIA	LOCAL	DOCUMENTO	OBJETO/DESCRIÇÃO
Municipal	Aracaju/SE	Lei Municipal nº 4.026/2011	Cria o programa de reúso de água em postos de gasolina e lava rápidos.
Municipal	Aracaju/SE	Lei Municipal nº 3.739/2010	Institui o programa municipal de reaproveitamento dos subprodutos do tratamento de esgoto e reúso de água.
Municipal	Bauru/SP	Lei Municipal nº 6.110/2011	Cria o Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água em edificações.
Municipal	Caicó/RN	Lei Municipal nº 4.603/2013	Dispõe sobre uso do esgoto doméstico secundário da água, para irrigação do gramado e árvores frutíferas de jardim.
Municipal	Campinas/SP	Lei Municipal nº 12.474/2006	Cria o programa municipal de conservação, uso racional e reutilização de água em edificações.
Municipal	Caxias do Sul/RS	Lei Municipal nº 6.616/2006	Institui, no Município de Caxias do Sul, o Programa Municipal de Conservação, Reúso e Uso Racional da Água.
Municipal	Cuiabá/MT	Lei Municipal nº 4.748/2005	Dispõe sobre o reúso da água das estações de tratamento de esgoto.
Municipal	Curitiba/PR	Lei Municipal nº 10.785/2003	Instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água (PURA) nas Edificações. O programa prevê a adoção de medidas que visam induzir a conservação da água através do uso racional, e de fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações.
Municipal	Diadema/SP	Lei Municipal nº 2.451/2005	Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações.
Municipal	Florianópolis/SC	Lei Municipal nº 8.080/2009	Institui Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reúso da Água em edificações.
Municipal	Goiânia/GO	Lei Municipal nº 9.886/2016	Cria o Programa Municipal de Conscientização e Conservação para reúso da água proveniente de aparelhos de refrigeração ou aquecimento, nas edificações públicas e privadas, no âmbito do Município de Goiânia
Municipal	João Pessoa/PB	Lei Municipal nº 12.417/2012	Incentiva a racionalização e economia no uso da água potável e instalação de reservatório no sistema de captação de água pelos

			estabelecimentos do tipo "lava-rápido" e similares situados no município de João Pessoa, e dá outras providências.
Municipal	Londrina/PR	Lei Municipal nº 11.552/2012	Dispõe sobre a obrigatoriedade do reúso da água
Municipal	Maceió/AL	PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico, Produto 2.2, em aprovação.	Feita uma indicação de reúso para irrigação de jardins públicos com água recuperada de ETE.
Municipal	Maringá/PR	Lei Municipal nº 6.076/2003	Prevê que o Município de Maringá utilizará água de reúso, não potável, proveniente das estações de tratamento de esgoto, para a lavagem de ruas, praças públicas, passeios públicos, próprios municipais e outros logradouros, bem como para a irrigação de jardins, praças, campos esportivos e outros equipamentos, considerando o custo/benefício dessas operações.
Municipal	Maringá/PR	Lei Municipal nº 9.993/2015	Cria o programa de reúso de água em postos de combustíveis e lava-rápidos no município de Maringá e dá outras providências.
Municipal	Niterói/RJ	Lei municipal nº 2.856/2011	Estende as obrigações da Lei nº 2630/2009 (reúso de água de chuva), instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas.
Municipal	Petrópolis/RJ	Lei Municipal nº 6.801/2010	Institui, no município de Petrópolis, o programa de uso e reúso racional da água - pura, para utilização em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais e comerciais.
Municipal	Porto Alegre/RS	Lei Municipal nº 10.506/2008	Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Regulamenta a Lei nº 10.506/2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
Municipal	Porto Alegre/RS	Decreto nº 16.305/2009	Dispõe sobre o uso de água potável na limpeza de calçadas no âmbito do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências.
Municipal	Rio de Janeiro/RJ	Lei municipal nº 6.042/2015	Disciplina o sistema de reúso da água tratada nas estações de tratamento de esgoto no
Municipal	Ribeirão Preto/SP	Lei Municipal nº 10.970/2006	

Municipal	São Bernardo do Campo/SP	Decreto nº 19.086/2014	Município. Institui o programa de consumo racional, reaproveitamento e reúso de águas do município de São Bernardo do Campo. Estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal nº 13.309/2002, no âmbito do Município de São Paulo e dá outras providências. Determina que postos de serviços e lava-rápidos devem instalar sistemas de captação, tratamento e armazenamento de água de reúso.
Municipal	São Paulo/SP	Lei Municipal nº 16.174/2015	Dispõe sobre a criação do Programa de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em edificações.
Municipal	São Paulo/SP	Lei Municipal nº 16.160/2015	
Municipal	Sorocaba/SP	Lei Municipal nº 9.970/2012	

Fonte: Plano Nacional de Reúso (2017)

No caso das legislações municipais, há muitos documentos que tratam de casos localizados voltados para edificações e lava jatos. Verifica-se que não é uma visão mais ampla ainda, a utilização de esgotos domésticos como fonte de geração de água de reúso.

Por fim, a TABELA 13 apresenta um resumo da situação tendo uma visão estadual e federal de leis, resoluções e outras formas regulamentares.

Tabela 13 – Cenário geral de resoluções e leis por Estados.

ABRANGÊNCIA	LOCAL	DOCUMENTO	OBJETO/DESCRIÇÃO
Nacional	Brasil	Resolução CNRH nº 54/2005	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.
Nacional	Brasil	Resolução CNRH nº 121/2010	Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005

Nacional	Brasil	NBR nº 13.969/1997	Destinada a usuários de sistema local de tratamento de esgotos com tanque séptico como unidade preliminar, colocando o reúso como alternativa para a disposição final dos efluentes de tanque séptico e estabelece padrões de qualidade de acordo com as classes de reúso definidas por ela.
Estadual	Alagoas	Lei nº 5.965/1997	Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências. Art. 17 - Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em corpo de água.
Estadual	Alagoas	Decreto nº 06/2001	Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos prevista na Lei nº 5.695/1997. Art. 4º - XIV - outros usos: usos de recursos hídricos que alterem o regime, a qualidade ou a quantidade de um corpo d'água, inclusive a execução de obras ou serviços que configurem interferência e impliquem na alteração do regime, da quantidade ou da qualidade de um corpo d'água superficial ou subterrâneo; Art. 5º - Idem.
Estadual	Alagoas	PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos	Vol. 1 - Relatório Técnico - RT-03/Agosto 2010. Capítulos 6.1.5 - A tipologia da dominialidade das águas e 6.1.6 - Reúso de águas
Estadual	Ceará	Lei nº 16.033/2016	Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do Ceará.
Estadual	Espírito Santo	Lei nº 9.439/2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.
Estadual	Espírito Santo	Lei nº 10.487/2016	Dispõe sobre a prática do reúso de efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs para fins industriais.
Estadual	Goiás	Lei nº 17.128/2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos.
Estadual	Goiás	Lei Estadual nº 17.582/2012	Altera a Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos

Estadual	Rio de Janeiro	Lei nº 7.424/2016	Fica obrigada a utilização de água de reúso pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas em cujo capital do Estado do Rio de Janeiro tenha participação, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente.
Estadual	São Paulo	Resolução conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de junho de 2017	Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas

Fonte: Plano Nacional de Reúso (2017)

Pode se esperar que com a elaboração no Plano Nacional de Reúso, de fato se passe a contar com referências mais objetivas que ajudem a elaborar normas e critérios para desenvolver o reúso no Brasil. O Plano teve seus produtos entregues agora em setembro de 2017 e está em revisão no Ministério das Cidades.

O contrato firmado em junho de 2016, entre o INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA, no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/13/005 – Interáguas MCidades – Saneamento Básico (IICA/MCidades) e o CONSÓRCIO CH2M HILL BV/CH2M HILL DO BRASIL (CH2M), com autorização de serviços emitida em 22 de julho de 2016.

O principal objetivo do projeto (Projeto, Projeto Reúso, ou Estudo), definido no Termo de Referência (TR), é a elaboração de uma proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil.

O Estudo é dividido em seis produtos:

- PRODUTO I – Plano de Trabalho Ajustado (RP00)
- PRODUTO II – Relatório de Experiências com Reúso (RP01A)
- PRODUTO III – Relatório de Critérios de Qualidade (RP01B)
- PRODUTO IV – Relatório de Potencialidades de Reúso (RP01C)
- PRODUTO V – Relatório de Modelos de Financiamento (RP02A)

- PRODUTO VI – Relatório de Plano de Ações/Política de Reúso (RF)

Finalizando este subtítulo pode se afirmar que ainda há um certo espaço legal e institucional a ser preenchido, todavia, a necessidade provocada pela falta de mananciais e de água, por várias razões, tem feito com que alguns Estados e Municípios busquem suas soluções.

Para Alagoas e para Maceió, não há ainda nem instrumentos legais nem agências reguladoras que tenham tratado do tema. Em termos gerais se pode entender que a implantação do reúso como alternativa implica em ter um planejamento de gestão integrada que envolve um modelo conforme o sugerido na FIGURA 12.

Figura 12 – Planejamento e gestão para implantar sistema de reúso



Fonte: Autor (2015).

3.6 Experiências de reúso no Brasil e no Mundo.

O objetivo deste subtítulo é dar um panorama geral sobre onde, como e quem está praticando reúso em suas várias finalidades, apenas para ilustrar com exemplos o desafio do reúso no mundo e no Brasil.

Antes de tudo é relevante chamar atenção para distinções que expõem as formas mais conhecidas de esgotos gerados para o reúso. De acordo com Wilcox, 2016, deve se atentar para as diferenças entre as chamadas água cinzas e as águas negras, as quais tem composição diferente. Enquanto as cinzas tem origem a partir de usos domésticos internos às habitações

com pouca contaminação, as negras por sua vez se originam das descargas em bacias sanitárias e possuem grande risco de contaminação.

Por outro lado, há que se considerar que a gestão dos riscos é um dos desafios que são enfrentados quando se faz o reúso e que esses riscos crescem com uma variedade de perigos que estão incluídos no próprio esgoto e podem trazer consequências graves para os usuários se tecnologias apropriadas não forem utilizadas na ETE e no tratamento para recuperação da água seja ela de fonte negra ou cinza. (GOODWIN, 2015).

Assim, considerando esta introdução, o Produto II – Experiências de Reúso (RP01A) - Relatório Técnico sobre o Levantamento e Descrição de Experiências Nacionais e Internacionais Relevantes sobre Reúso de Água (Plano Nacional de Reúso, Ch2m, 2016), apresentou casos internacionais e nacionais que serão aqui resumidos. Esses casos foram selecionados para análise durante os estudos do Plano.

Além dessas experiências trazidas ao Plano, não se pode deixar de citar que por exemplo Israel, tem praticado o reúso de esgotos de forma intensiva para fins potáveis e não potáveis. Em 2010, a vazão de reúso na agricultura atingiu 400.000.000 m³/ano. Destaque-se que as ETE de Israel tem nível de tecnologia e operação reconhecidos mundialmente por sua qualidade. Historicamente registram-se eventos como:

- 1969: inaugurada a ETE Shafdan com 4,12 m³/s para reúso agrícola;
- 1984: inaugurada a ETE Kishon com 0,63 m³/s para reúso agrícola;
- A partir de 2000 foram implantadas as ETE: Dan com 3,8 m³/s, Haifa com 1,17 m³/s e Jerusalém Sorek com 0,72 m³/s para utilização agrícola.

Para estabelecer um conceito claro sobre as definições sobre reúso, pode-se observar o que está posto no PROSAB, 2006, quando se busca adotar as terminologias que podem ser utilizadas para as formas de reúso, como se vê:

- Reúso indireto não planejado: água utilizada é descartada no meio ambiente, diluída e novamente captada de maneira não intencional;
- Reúso indireto planejado: efluente devidamente tratado é lançado de modo planejado em bacias de águas superficiais e aquíferos e reutilizado em captações de forma intencional e controlada para obtenção de alguma vantagem;

- Reúso direto planejado: efluente devidamente tratado é conduzido diretamente ao ponto de reúso.

Há muitos exemplos hoje, principalmente de reúso agrícola planejado na China, na Índia e em outros países do Oriente Médio. Na América Latina há exemplos em menor escala no Chile e no Peru. A adoção do reúso como estratégia para reduzir a falta de água no Peru, decorreu da inauguração das ETE Taboada e La Chira, que tratarão 100% do esgoto de Lima, as quais, juntas, atingirão uma vazão de 23,15 m³/s de nova capacidade de água disponível. (JHANSI et al, 2015). A TABELA 14, apresenta os exemplos de reúso em várias partes do mundo, desde 1970. Há exemplos mais antigos, os quais não serão mencionados aqui.

Tabela 14 – Exemplos de reúso nos Estados Unidos e outros países.

Caso	Modalidade de reúso	País/Estado	Cap (m ³ /s)	Motivador	Nível de Purificação	Ini. Op
Projeto de reúso de Upper Occoquan	Reúso Potável Indireto	EUA/Virgínia	2,4	Proteção Ambiental e Segurança Hídrica	Avançado (sem OR)	1970
Projeto de reúso de Atotonilco, Vale de Mezquital	Reúso Agrícola	México/Hidalgo	35,0	Saúde Pública, Proteção Ambiental e Segurança Hídrica.	Secundário com desinfecção	Atual
Projeto de reúso potável de Windhoek	Reúso Potável Direto	Namíbia/Windhoek	0,2	Segurança Hídrica	Avançado (sem OR)	1960
Projeto de recarga de lençol freático em Perth	Reúso Potável Indireto via injeção	Austrália/Western Austrália	0,6	Segurança Hídrica	Avançado (com OR)	2010
Programa de reúso não potável da Cidade de Denver	Reúso Urbano e Industrial	EUA/Colorado	1,3	Segurança Hídrica	Terciário	2000
Projeto de recarga de lençol freático em Orange County	Reúso Potável Indireto via injeção e infiltração	EUA/Califórnia	4,2	Segurança Hídrica	Avançado (com OR)	2000
Projeto de NE Water	Reúso Industrial e Potável	Cingapura	6,0	Segurança Hídrica	Avançado (com OR)	2000
Projeto de reúso do Western Corridor (incluindo Luggage Point)	Reúso Potável Indireto	Austrália/Queensland	2,9	Segurança Hídrica	Avançado (com OR)	2000
Projeto de Reúso de Watsonville	Reúso Agrícola	EUA/Califórnia	0,5	Proteção Ambiental e Segurança Hídrica	Terciário	2000

Projeto de Reúso de Mafraq	Reúso Agrícola	Jordânia	0,1	Proteção Ambiental e Segurança Hídrica	Secundário com desinfecção	2010
----------------------------	----------------	----------	-----	--	----------------------------	------

Fonte: Adaptado do Plano Nacional de Reúso. (2017)

As experiências nacionais foram obtidas também dos estudos recentes do Plano Nacional de Reúso e podem ser visualizadas na TABELA 15.

Tabela 15 – Experiências no Brasil.

Caso	Local	Prod. média de reúso m ³ /s	Cap. m ³ /s	Modalidade de reúso	Nível de tratamento	Ini. de oper.
AQUAPOLO ETE ABC	São Paulo/SP	0,65	1,0	Reúso não potável industrial	TMBR - lodo ativado com membrana de ultrafiltração e osmose reversa. Desinfecção por Dióxido de Cloro	2012
Projetos de reúso na PETROBRAS	Vários locais	0,71	NI	Reúso não potável industrial	NI	2011
Água Viva	Camaçari BA	0,14 - 0,22	NI	Reúso não potável industrial	NI	2012
Projeto de reúso da ETE Novo Mundo	São Paulo/SP	0,025	0,06	Reúso não potável industrial e urbano	Tratamento secundário seguido de tratamento físico químico e filtração	2008
Projeto de reúso da ETE Jesus Netto	São Paulo/SP	0,014	0,035	Reúso não potável industrial e urbano	Tratamento secundário seguido de tratamento físico-químico, filtração (areia/cartucho) e desinfecção.	1998
Projeto de reúso da ETE São Miguel	São Paulo/SP	0,012	NI	Reúso não potável industrial e urbano	Tratamento secundário filtrado e desinfetado	2010
Projeto de reúso não potável da ETE Capivari II	Campinas SP	0,005	0,00062	Reúso não potável industrial e urbano	Lodo ativado com remoção de nitrogênio e fósforo seguidos de Membranas filtrantes	2012
Projeto de reúso da ETE Barueri	Barueri SP	0,003	0,001	Reúso não potável industrial e urbano	Tratamento secundário filtrado e desinfetado	2002
Projeto de reúso do World Trade Center São Paulo	São Paulo/SP	0,003	0,003	Reúso não potável industrial e urbano	MBR com reator de lodos ativados e seguido de módulo de ultrafiltração	2011
Projeto de reúso da ETE Dancing Days	Recife/PE	NI	0,0006	Reúso não potável urbano	Efluente de filtro percolador desinfetado	2016
Prolagos	Armação dos Búzios RJ	0,00077	0,00046	Reúso não potável industrial e urbano	Tratamento terciário com filtração, ultrafiltração e OR	2013

Fonte: Plano Nacional de reúso. (2017)

As experiências no Brasil ainda são pouco representativas, como se vê na TABELA 15. Os destaques hoje estão associados ao projeto AQUAPOLO de reúso industrial em operação e um reúso potável indireto que entrará em operação agora em Brasília, tratando água do lago Paranoá, que não é de fato o uso de efluente de ETE.

O projeto AQUAPOLO, por sua dimensão e inovação no setor de saneamento, merece uma apresentação específica, como a que segue adiante. Este Projeto é o maior projeto de reúso industrial da América Latina, utilizando esgoto sanitário (OLIVEIRA et al, 2016).

O projeto possui uma Estação de Produção de Água Industrial (EPAI) onde está instalado um biorreator de membrana, seguida de unidade de osmose reversa (MBR/RO), duas estações elevatórias e uma adutora de 16,5km. A capacidade de produção da EPAI é de 650 l/s ou 56.160.000 l/dia, podendo ser expandida para 1.000 l/s.

Os efluentes tratados em nível secundário da ETE-ABC passam por tratamento de nível terciário para produzir água industrial de alta qualidade, destinada principalmente às torres de resfriamento do Polo Petroquímico do ABC, sendo transportada por meio de adutoras dedicadas. Trata-se do maior projeto de água de reúso do hemisfério Sul. A quantidade de água potável substituída por esta água de reúso é suficiente para abastecer uma cidade de 300 a 400mil habitantes, como o Município de Franca no Estado de São Paulo.

Se constata que o reúso de águas a partir de esgoto tratado ou mesmo, não tratado, é uma prática que já se conhece há anos, mas que ainda tem muita resistência ao uso.

3.7 Tarifas e formas de cobrança.

A utilização da água reciclada ou de reúso a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgoto tem sido cada vez mais procurada como suplemento para a água potável, com o intuito de atender a usos não potáveis e até mesmo potáveis, sendo a recuperação dos custos e a definição do preço dessa água o maior obstáculo. (AWWA, 2000/2007).

Além desse desafio básico, há algumas questões técnicas e operacionais que ficam muito claras quando se trata de definir como e quanto cobrar pela água de reúso, visando suas formas de utilização. Quando se trata de reúso não potável e mesmo reúso potável direto ou indireto, sempre deve se considerar que os investimentos para implantação do sistema de reúso estarão diretamente associados ao seu tipo, porquanto não será comum encontrar redes públicas de distribuição de água de reúso disponíveis em cidades para conexão de usuários em função das necessidades.

Desta forma, ter uma estrutura tarifária e conseqüentemente uma tarifa, tem tudo a ver com o tipo de reúso que se fará, desde conhecer a determinação do CAPEX – Capital

Expenditure (despesas ou investimento de bens de capital) e do OPEX – Operational Expenditure (despesas operacionais), os quais balizarão os fluxos de caixa, com formas e valores da remuneração que tornem sustentável o reúso como fonte suplementar de água, como o interesse de se aplicar o reúso a determinado local. No Brasil ainda não há um banco de dados que permita obter informações seguras sobre custos, taxas, tarifas e preço de venda para água de reúso. Entre 1999 e 2000, a AWWA desenvolveu uma pesquisa com 500 unidades de reúso de águas no Estados Unidos e pode obter um panorama geral sobre como definir custos e tarifas.

Apesar dos avanços que se observa na utilização de água de reúso nos EUA, ainda assim, a maior parte dela se faz como compensação para reduzir o uso da água potável distribuída em campos de golfe, irrigação de parques e jardins, combate a incêndios e torres de resfriamento em processos industriais.

Implantar uma estrutura tarifária que atenda aos interesses de usuários e operadores, exige que o seu desenho se baseie em alguns critérios que devem ser considerados, tais como: (AWWA, 2000/2007; EPA, 2012).

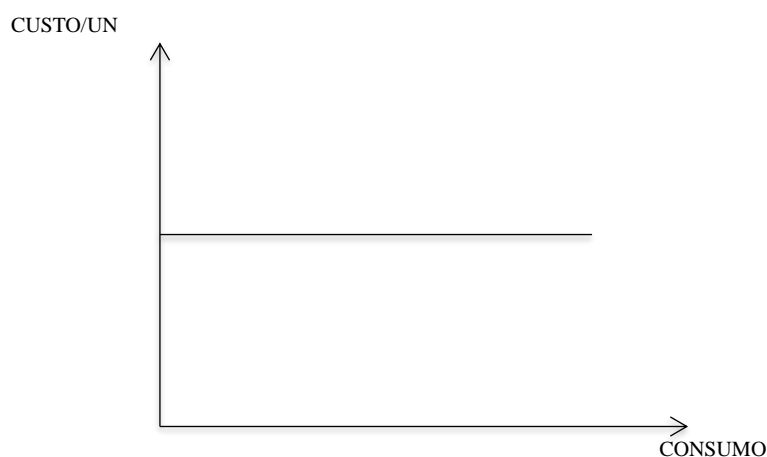
- Tarifas ou taxas devem ser de fácil compreensão para os usuários;
- Tarifas ou taxas devem ser também de fácil compreensão para os operadores dos sistemas de reúso;
- Deve se avaliar a capacidade de pagamento dos usuários;
- Garantir a permanência da filosofia de pagamento da tarifa ou taxa;
- Ter políticas de incentivo ao uso como complemento ao fornecimento de água;
- Garantir a estabilidade da receita financeira mês a mês, ano a ano;
- Promover o uso eficiente do reúso como fonte alternativa de água;
- Promover a equidade e a igualdade baseada em custos;

Com estes critérios é possível estabelecer uma estrutura que tenha significado claro da forma de cobrança para o devido pagamento, conforme os seguintes modelos:

- Taxa mensal fixa;
- Taxa em função de tarifa por medição de volume (L, m³, galão, etc.);
- Taxa mensal básica mais uma tarifa em função de medição de volume (L, m³, galão, etc.).

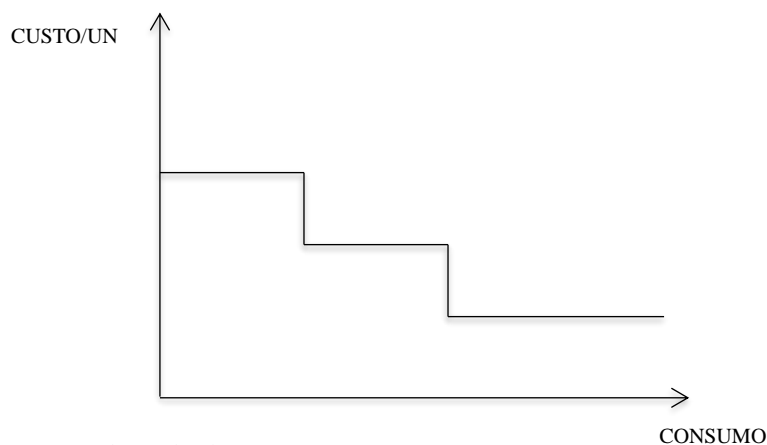
Então, ainda segundo AWWA, as tarifas para reúso seguem uma tendência de serem praticadas em estruturas de tarifas uniformes, declinantes e crescentes ou de blocos invertidos como é praxe nos estudos tarifários para serviços onde se pode caracterizar uma relação direta entre consumo x custo (preço) por unidade, conforme os gráficos:

Gráfico 1 – Estrutura tarifária uniforme – valor não se altera com o consumo.



Fonte: Adaptado de AWWA,2000.

Gráfico 2 – Estrutura tarifária em blocos declinantes – tarifa se altera com o a redução de consumos.

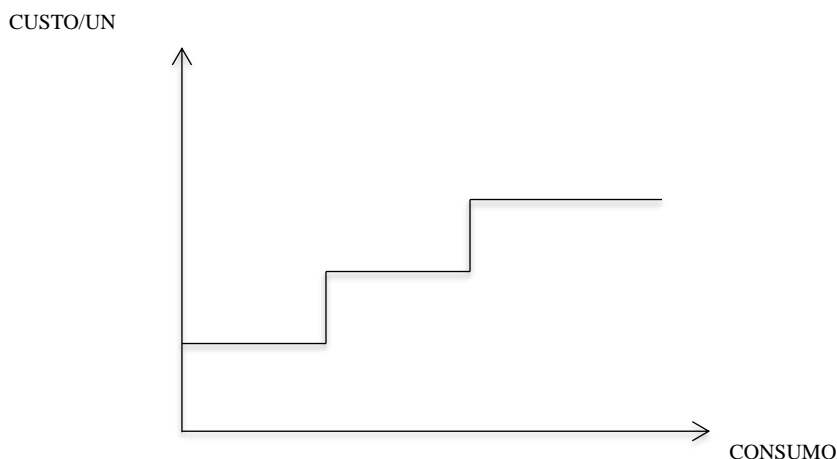


Fonte: Adaptado de AWWA,2000.

Normalmente o cálculo de tarifas, e basicamente as para reúso, por suas características de CAPEX de implantação dos sistemas de transporte, armazenamento e distribuição, necessitam da definição de estruturas tarifárias que se baseiam normalmente em condições de “take or pay” que visam dar sustentabilidade a longo prazo para os investimentos e a operação dos sistemas. Este é o caso dos sistemas de reúso para áreas industriais e, como exemplo,

pode se mencionar o AQUAPOLO em São Paulo. Desta forma, as tarifas em estruturas uniforme tem uma abordagem muito próxima dessa situação.

Gráfico 3 – Estrutura tarifária em blocos crescentes – tarifa se altera com o aumento do consumo.



Fonte: Adaptado de AWWA,2000.

Ao contrário da tarifa uniforme para qualquer consumo que é mais simples de se utilizar e pode ser de mais fácil compreensão, as tarifas em blocos crescentes ou decrescentes, exigem maior utilização de estudos que possam demonstrar as vantagens de um ou outro tipo. As tarifas em blocos crescentes, em geral, visam conter os excessos de uso e as decrescentes incentivam maior utilização. Em resumo, para todos os casos, o que fundamenta a aplicação das estruturas tarifárias está associado a questões econômicas, sociais e ambientais.(DJUCKIC et al., 2016)

Para a cidade de Fortaleza, especificamente para promoção de reúso industrial no Pólo de Maracanaú, foi desenvolvido um estudo tarifário que teve como critérios básicos encontrar tarifas ou taxas que possam dar maior viabilidade a aplicação de recursos públicos, contribuir para o planejamento de futuros investimentos em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e fornecer subsídios para estabelecer tarifas ou taxas para reúso, avaliando os custos para produção e operação de um sistema de reúso industrial. (FONTENELE, 2014).

Por fim, não tem como se deixar de atentar para o fato de que a análise do custo benefício de um projeto de tratamento de esgotos tem que considerar que resultados não são medidos apenas economicamente e sim também socialmente, incluindo neste caso a avaliação da recuperação completa dos custos, com base nas tecnologias aplicadas e nos ganhos

ambientais decorrentes da implantação do sistema de tratamento e do reúso por consequência. (DJUKIC et al., 2016).

Segundo M.Molinos et al.(2013), as tarifas devem considerar que a eficiência econômica requer que os preços definidos reflitam os custos de implantação, operação, distribuição, manutenção e administração dos serviços relativos ao fornecimento da água de reúso. Da mesma forma se deve levar em consideração a existência de usos que terão taxaço e cobrança ou não.

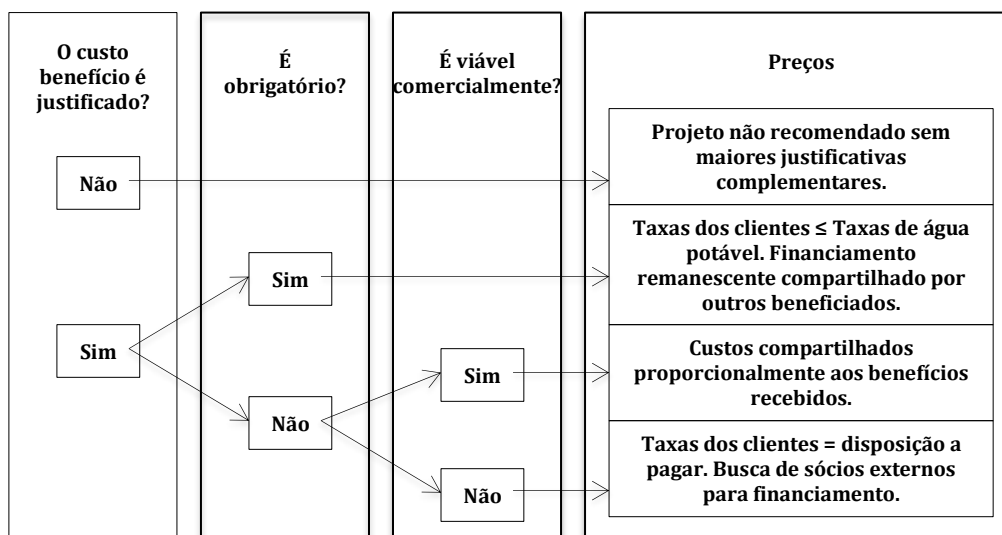
A definição da tarifa adequada poderá não seguir necessariamente o princípio da recuperação integral dos custos como no caso de alguns sistemas de saneamento, podendo no mais das vezes ter uma solução parcial envolvendo as estruturas crescentes e decrescentes conforme os gráficos 2 e 3. (M.MOLINOS et al./2013).

O relatório da AUSTRALIAN WATER RECYCLING CENTRE OF EXCELLENCE (2013), com base nas necessidades locais onde é comum ter secas e longos períodos de falta de água, apresentou uma rigorosa e detalhada avaliação econômica do reúso não potável para fins residenciais, comerciais, industriais, municipais e agrícolas, com a definição de recomendações para determinação do preço, conforme a FIGURA 13.

A oportunidade de incentivar o reúso abre espaço também para a possibilidade de se deixar transparente a diferença entre taxas e tarifas, bem como a respectiva forma de cobrança, as quais estão amparadas pelo regulação tarifária para os serviços de saneamento. Embora existam muitas divergências de conceituação, as tarifas e taxas poderão ser utilizadas em função da destinação da água de reúso.

Em termos comparativos, quando o uso incluir serviços de captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição de água ou uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgoto (PEDROSA, 2001) poderá se falar em tarifa. Não se descartando o uso de taxa para os casos em que a sociedade em geral se beneficie do reúso, como no caso dos usos ambientais, como recargas de aquíferos, por exemplo.

Figura 13 - Estrutura para definição de preços.



Fonte: Adaptado de National Water Initiative and economic regulation agencies. (Austrália, 2013)

Essencialmente, estabelecer o preço do reúso de água é um “trade-off” da distribuição de custos entre beneficiários, operador e comunidade/contribuinte em geral. Existem quatro formas básicas de metodologias de precificação para reúso de água (Water Reuse, 2009).

- **Tarifa de Recuperação Total de Custos** - A tarifa de reúso é o custo unitário do serviço (custo/volume) cobrado para recuperar os custos de capital amortizados, assim como os custos anuais de O&M. Uma tarifa de recuperação total de custos significa que os clientes atuais pagam pela parcela não utilizada da capacidade do sistema. No caso de projetos de reúso potável, essa lógica se aplica por que não há necessidade de criar uma tarifa de reúso – custos são recuperados através das tarifas de água e esgoto;

- **Tarifa com base no mercado** - uma tarifa baseada no mercado é estabelecida com base na disposição de pagamento de um cliente ou de uma comunidade e não tem relação direta com o custo unitário do serviço. Tipicamente (particularmente no caso de utilização urbana e industrial), uma tarifa de reúso baseada no mercado é estabelecida baseando-se em uma pesquisa de referência das taxas de reúso de outros serviços públicos, tais como porcentagem da taxa de água potável e aplicação de porcentagem semelhante. A tarifa de reúso baseada no mercado normalmente varia entre 20% e 100% da tarifa potável. A média é de cerca de 70 % da tarifa de água potável, a fim de incentivar novos clientes a se conectar ao

sistema de reúso, começando assim a utilizar o reúso de água como alternativa ao potável. Teoricamente, uma taxa baseada no mercado poderia ser, aproximadamente, a tarifa total de recuperação de custos, no entanto, na maioria das vezes, é menos do que a recuperação total de custos e subsidiada por outras fontes. Uma tarifa semelhante baseada no mercado pode ser estabelecida em projetos de reúso agrícola, tipicamente a tarifa é significativamente menor;

- Tarifa de custo marginal - a tarifa de custo marginal é um custo de serviço unitário, com base nos custos de capital amortizados e nos custos de O&M assumindo um volume faturado na utilização total do sistema, ao invés da utilização inicial/atuual. Esta abordagem resulta em uma tarifa de água de reúso mais baixa do que o Método de Recuperação Total de Custos e requer um subsídio parcial de outras fontes (geralmente receita de serviço de água e esgoto) até que mais clientes estejam disponíveis para se conectar ao sistema.

Subsídio total - um subsídio total é, essencialmente, o reúso da água de forma gratuita pelo cliente de reúso. Um subsídio total é fornecido pela empresa de saneamento, geralmente através de tarifas de água ou esgoto cobradas a outros clientes.

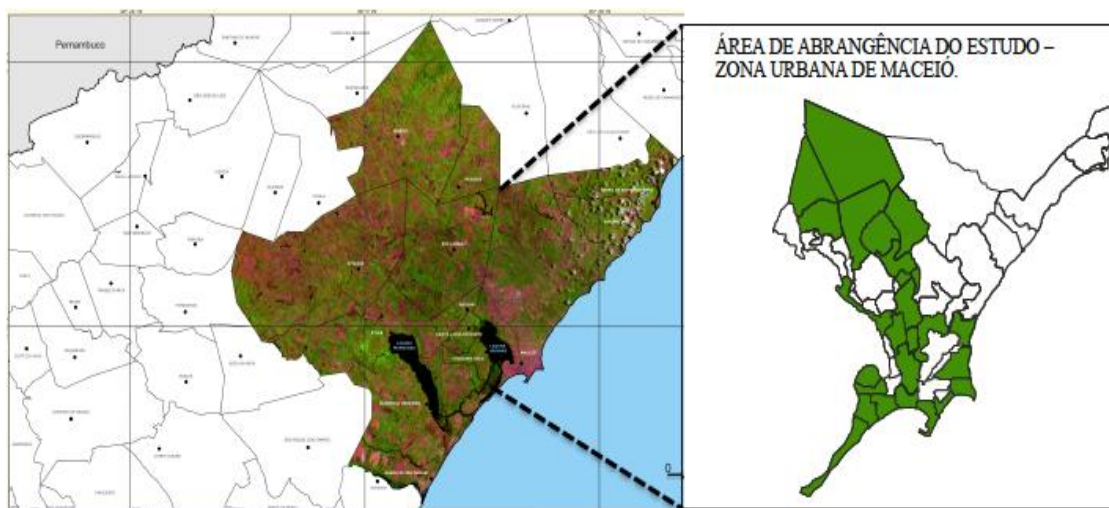
4 METODOLOGIA

A tarifa é uma cobrança feita em decorrência do uso de um serviço público, a ser paga somente quando o serviço público é utilizado. Já a estrutura tarifaria é um conjunto de tarifas, aplicadas a diferentes categorias do faturamento do mercado do serviço público utilizado. As tarifas dos serviços de água e esgoto normalmente envolvem custos operacionais (OPEX) e uma parcela de custos destinada a investimentos (CAPEX). Os custos operacionais são representados pelas despesas de pessoal, energia elétrica, material de manutenção, produtos de tratamento, combustíveis, depreciação, etc., e os custos de investimento, uma parcela para fazer frente aos juros e amortizações de financiamentos realizados para implantação de sistemas de água e esgoto, assim como também da água de reúso. Todos estes custos são inerentes as áreas onde são implantados estes sistemas, assim como também as tecnologias implantadas e a necessidade qualitativas e quantitativas do cliente. Desta forma, a metodologia aplicada nesta pesquisa envolveu inicialmente a delimitação da área de estudo para aplicação de água de reúso, a identificação dos potenciais fornecedores dessas águas (estações de tratamento de efluentes) e seus clientes também potenciais (envolvendo os usuários e suas necessidades quali-quantitativas), o levantamento do CAPEX e OPEX e finalmente um modelo de tarifa e estrutura tarifaria a ser aplicada em função da categoria de reúso.

4.1. Área de Estudo

A área escolhida para o desenvolvimento do estudo engloba toda área metropolitana da cidade de Maceió, a qual compreende os municípios de Atalaia, Barra de Sto. Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Maceió, Marechal Deodoro, Messias, Paripueira, Pilar, Rio Largo, Satuba e Santa Luzia do Norte (FIGURA 14).

Figura 14 – Mapa de localização da região metropolitana de Maceió e do estudo.



Fonte: SEPLAG (2016)

A área territorial definida serve como referência e limites para exploração de oportunidades para geração de água de reúso e potenciais usuários, está representada em cor verde na zona urbana de Maceió. A região metropolitana possui uma população residente estimada em 1.300.373 habitantes, de acordo com as projeções da SEPLAG/Governo do Estado. Vale ressaltar que, só Maceió, tem população estimada em 1.050.000 habitantes ou 80,75% da população da região metropolitana.

4.2. Identificação de ETEs.

Dentro da área de estudo, o primeiro passo foi localizar ETEs capazes de poderem servir como fornecedoras de água de reúso. Para tanto, se levou em consideração a capacidade nominal das estações e sua localização.

Não há uma recomendação na literatura que estabeleça um limite para indicação de tipos de ETEs e as vazões nominais das mesmas que possam levar a sua escolha potencial para se fazer reúso. Desta forma, um desafio inicial foi estimar as vazões mínimas que poderiam ser consideradas para desenvolver os estudos tarifários.

Para tanto adotou-se como base que a escolha da utilização do reúso de esgoto tratado é o custo de oportunidade para esta decisão, ou seja, quanto custa não ter água doce para suprir as demandas correntes e futuras, bem como se há uma outra alternativa mais interessante (FONTENELE, 2007; HESPANHOL, 2002; EPA, 2012).

Dessa forma, neste estudo foi definido que se trabalharia com vazões iguais ou maiores que 100 L/s (360 m³/h), de modo que se pudesse avaliar a potencialidade do reúso em seus vários tipos, desde o RNP ao RPI, buscando atingir usuários capazes de fazer uso regular e significativo da água de reúso, tendo viabilidade econômica em escala de atendimento nos clientes que optem por esse sistema.

Assim, a identificação dos potenciais fornecedores uso na região de estudo se pautou por:

a) Verificação junto a CASAL projetos e contratos existentes para implantação ETEs em Maceió. Isto foi feito por meio de visitas técnicas e levantamento de dados a direção e ao setor de projetos da CASAL.

b) Coleta dados sobre a vazão das ETEs da CASAL em operação e projetadas. Isto foi feito por meio de consulta aos projetos existentes na CASAL.

Na metodologia da pesquisa desenvolvida e com base na revisão da literatura, uma consideração que está implícita na escolha das ETEs e seus clientes, está relacionada com a regionalização dos possíveis fornecedores e usuários, ou seja, a localização das ETEs surge como oportunidade e desafio para definir tarifas que viabilizem o reúso.

4.3. Levantamento de clientes e usos potenciais.

Depois de localizar ETEs capazes de poderem servir como fornecedoras de água de reúso, buscou-se quais os clientes e usos potenciais para este serviço, fazendo-se as seguintes considerações:

a) Como condição geral, se estabeleceu um raio máximo de 15 km entre a ETE com vazão estimada superior a 100 L/s, e o ponto de utilização. Este raio foi estabelecido em função da viabilidade de implantação de adutoras e redes de água de reúso.

b) Identificação de empreendimentos, dentro deste raio de atuação, com potenciais demanda para RNP e RPI. Esta identificação foi feita por meio de imagem de satélite (Google Maps) e visitas locais.

c) Avaliação dos tipos de reúso e consumos de cada empreendimento. Para uso industrial foi levado em conta os dados destes empreendimento junto a Federação da Indústria.

São necessários alguns comentários sobre a escolha dos potenciais usuários:

- Para o reúso industrial, entende-se ser possível a aplicação de uma estrutura tarifária, com base nas experiências existentes no Brasil e na possibilidade de se poder ter usuários concentrados em uma mesma área nas regiões a estudar, além do valor da tarifa da CASAL;

- Para o reúso urbano, a literatura mostra exemplos existentes e estudos, os quais se confrontam com a realidade local em que há uma demanda municipal potencial para irrigar parques, jardins e lavagem de ruas e outra, decorrente do valor da tarifa de CASAL que onera muito os custos de quem faz irrigação ou lavagem de pisos com a água fornecida pela empresa;

- Para recarga de aquífero e ambiental, o déficit hídrico que mostra desequilíbrio na relação oferta x demanda por água doce, além da contaminação já atestada nos poços da CASAL, é um fator que pode gerar demandas pelo reúso de água.

4.4. Levantamento de custos de infraestrutura e operação

Conhecidas as fontes geradoras de efluentes tratados e os possíveis potenciais usuários, foi feita uma análise da qualidade requerida para cada tipo de reúso e propostas tecnologias de tratamento complementares para produção dessa água com a qualidade requerida para cada caso, assim como também da infraestrutura necessária de veiculação dessas águas aos potenciais usuários, visando estruturar o estudo para os tipos de reúso propostos.

A partir daí foi feito o levantamento de CAPEX e OPEX, levando-se em consideração os sistemas de tratamento, transporte, reservação e distribuição para fornecimento da água de reúso.

Com base na literatura, os valores de CAPEX, quando não existentes a partir da coleta de dados, e os de OPEX, devem ser estimados com base em valores de referência de tabelas conhecidas como SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, Tabela Referencial da ABCON – Associação das Concessionárias Privadas de Saneamento (COSTA et al., 2017) e indicadores do SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento e os dados do Relatório Produto IV – Potencialidades de Reúso (Plano Nacional de Reúso)

Assim, neste trabalho, a metodologia adotada para definição dos custos de CAPEX e OPEX, bem como dos custos totais, considerando a deficiência na existência de dados, principalmente na região do estudo, seguirá aquela utilizada na proposta apresentada nos estudos do Plano Nacional de Reúso (CH2M Hill, 2017).

Custos de CAPEX

Os valores CAPEX foram levantados a partir dos dados orçamentários das unidades existentes e projetadas, adotando-se exemplos já praticados em outros locais e dados da CASAL, onde foram projetadas infraestruturas específicas para atender a cada situação,

principalmente nas áreas urbanas, em função das próprias especificidades do fornecimento de água de reúso.

Os itens levados em conta na composição do CAPEX do sistema de reúso foram agrupados em obras e serviços, como apresentado na TABELA 16.

Tabela 16 - Itens que compõem o CAPEX estimado em geral.

OBRAS	SERVIÇOS
Implantação das ETEs projetadas	Estudos técnicos complementares
Implantação de Tratamento complementar para atender a qualidade da água de reúso	Licenciamento Ambiental
Sistemas de bombeamento	Eventuais (cadastró, ação social, transporte em carro-pipa, possíveis serviços extras)
Adução	Gerenciamento da obra
Reservação	

Fonte: Autor.

Os itens referentes as obras foram analisados e consideradas a suas necessidades para cada caso levando em conta o sistema produtor e seus potenciais usuários.

Os preços estimados para as obras das unidades físicas que compõem o sistema de reúso foram obtidos com base em valores de mercado apurados para unidades existentes, Plano Nacional de Reúso (CH2m Hill, 2017) e na tabela de preços parametrizados da ABCON – Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Saneamento e nos Projetos da AQUARUM para a ETE do emissário submarino de Maceió, bem como para as ETEs da SANEMA – Saneamento de Maceió e da SANAMA – Saneamento da Alta Maceió.

Os custos dos Eventuais indicados na TABELA 16, correspondem a 5% do total dos itens das obras, os estudos técnicos complementares a 2% e o gerenciamento a 3%;

O valor do licenciamento ambiental foi obtido com base no Anexo V da Lei Estadual nº 6.787/2006. Consulta ao site <http://www.ima.al.gov.br/legislacao/leis-estaduais/> em 30 de novembro de 2017.

Depois de calculado o CAPEX, este foi trazido ao Valor Presente Líquido (VPL) e anualizado a uma taxa de 5% ao ano com período de amortização de 30 anos, utilizando as equações 01 e 02.

$$VPL = \sum_{(n=1)}^{(n=N)} X (CAPEX/(1+i)^n) \quad (\text{Equação 01})$$

$$VPL_a = VPL \times ((i*(1+i)^n)/(1+i)^n - 1)) \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

VPL – Valor Presente Líquido

VPL – Valor Presente Líquido anualizado

n – Número de anos

i – Taxa de juros

A utilização do VPL_a neste estudo foi importante porque, de certa forma, se avalia o investimento apenas com a ETE e seu complemento com o tratamento avançado, no caso UF – Ultrafiltração, na maior parte dos casos.

O VPL_a (Valor Presente Líquido Anualizado), conhecido por Valor Anual representa a expectativa de ganho em um investimento. Em outras palavras, o retorno real de um investimento, mas com uma diferença em relação ao VPL, pois quando temos projetos de longo prazo este pode não ter uma interpretação muito fácil para comparação. Nesse caso, a melhor maneira de avaliar a viabilidade do investimento é tendo em mãos uma informação de ganho por período, ou seja, anual. Portanto, podemos dizer que o VPL_a é o VPL transformado em uma série de pagamentos anuais equivalentes, o que, neste estudo foi importante até pela falta de dados mais concretos sobre os usuários que poderão utilizar a água de reúso em Maceió.

Tem-se então que no Valor Presente Líquido Anualizado o fluxo de caixa do projeto transforma-se numa série uniforme, enquanto que o Valor Presente Líquido concentra os valores do fluxo de caixa na data zero dos investimentos e operação.

Custos OPEX

Os custos de OPEX, foram determinados após a definição do tipo de reúso e das características referentes a sua forma de utilização, para que se dimensionem as unidades decorrentes das atividades de produção da água de reúso, o seu transporte e forma de distribuição, e conseqüentemente as suas necessidades operacionais. De maneira geral foram considerados no cálculo do OPEX os seguintes itens:

1. Manutenção e operação da ETE;
2. Energia elétrica da ETE;
3. Manutenção e operação da unidade de tratamento avançado complementar;
4. Energia elétrica da ETE da unidade de tratamento avançado complementar;
5. Manutenção e operação do sistema de transporte (adução);
6. Eventuais: neste caso considerando-se como tal; custos administrativos como pessoal e seus encargos, impostos, custos financeiros e de custeio relacionados a equipamentos de apoio como veículos;

Para manutenção e operação da ETE a nível secundário se adotou o valor de 2% do CAPEX da unidade, tendo como referência os estudos de caso do Produto IV no Plano Nacional Reúso (CH2m Hill, 2017);

Para determinação do custo de energia elétrica foi estimada a Potência (P) em Kw e o consumo em Kwh. Considerou-se que a operação das ETEs será em média de 21 horas/dia e 365 dias/ano, considerando a tarifa da ELETROBRAS Distribuição Alagoas para faixa A4, Horosazonal azul, com demanda de R\$ 14,88/Kw e consumo de R\$ 0,33912/Kwh². No caso da ETE da SANAMA se fará uma distinção de tempo no caso do RPI para atender a sazonalidade no Rio Pratagy.

Para manutenção e operação da unidade de tratamento complementar utilizou uma referência de preços de M. Molinos – Selante et al (2013);

Para o custo de energia da unidade de tratamento complementar se utilizou a mesma metodologia e fonte tarifaria do da ETE, porém para uso público e industrial, no valor de R\$ 0,56616/Kwh.

² Eletrobras www.ceal.com.br em 30/11/2017

Para a adutora se adotou 1% do CAPEX desta unidade, com base nas mesmas estimativas adotadas no Plano Nacional de Reúso (Produto IV, 2017);

Para os Eventuais foi estimado um custo corresponde a 5% do total dos itens 1 a 5 que compõem o OPEX (citados acima).

Custo Total

O preço do custo total, por metro cubico de água de reuso produzida, foi feito pelo somatório do CAPEX anualizado e OPEX, dividido pelo volume de água de reúso de casa caso, de acordo com a equação 03.

$$PCT = (\text{CAPEX anualizado} + \text{OPEX})/\text{VR} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde: PCT = preço de custo total, R\$/m³

VR = volume anual de água de reuso, m³

Segundo o observado nas pesquisas desenvolvidas por Fontenele (2017), é possível obter custos de tarifas que se baseiem em tipos de tratamento do esgoto, porém não se localiza na literatura nenhuma estrutura tarifária semelhante às que são adotadas pelas CESB – Companhias Estaduais de Saneamento Básico. Ou seja, o que se observou na literatura é que há preços definidos para usos específicos, porém não há uma indicação de tarifas por tipo de reúso ou faixa de consumo. Portanto, as estruturas tarifárias das Companhias Estaduais de Saneamento como a CASAL, por exemplo, podem ser referência para parametrizar uma estrutura de tarifas para reúso com base em tipos de uso e clientes.

Desta forma, após calcular o custo da água de reúso, os valores obtidos foram comparados aos valores praticados pela CASAL para a água potável de abastecimento para as respectivas categorias.

4.5. Construção da proposta da estrutura tarifária

Nesta dissertação não foi feita uma pesquisa de longo prazo para obter dados em Maceió, principalmente porque não há experiências relevantes de reúso e nem estações de tratamento de esgoto capacitadas para tal fim ainda, existindo apenas projetos. Entretanto, tendo como orientação a pesquisa literária realizada (AWWA, 2008; ARAÚJO et al., 2017;

FONTENELE, 2007; MEDELLÍN-AZUARA et al., 2011; PICKERING et al, 2013; EPA, 2012), se buscou estabelecer uma definição em escala macro, de uma estrutura tarifária, com base nos projetos existentes e usos potenciais estimados.

Assim, para a proposição do modelo de estrutura tarifaria, inicialmente foi feita uma análise crítica do que foi abordado na revisão de literatura, e levantados alguns pontos relevantes para que se elabore uma proposição de tabela de tarifas que possa ser aplicada a Maceió.

A partir daí, foi feita uma proposição de estrutura tarifária (preço de venda por categoria), pautada por uma avaliação no modelo “top down³”, buscando os exemplos e referências nacionais e internacionais de custos e preços de venda da água de reúso, visando propor uma tabela de preços estimados para venda de água de reúso em Maceió, que possa ser utilizada como uma estrutura tarifária. Exemplos de outros países, embora consultados, foram utilizados como referências básicas neste estudo, sempre tendo em conta que há características físicas, econômicas e de sistemas de tratamento de esgoto que não apresentam os mesmos resultados aqui em Maceió.

Entre os exemplos obtidos de M.Molinos – Selante et al (2013), para preços de venda com base no Euro⁴ e no Dólar em janeiro de 2018, tem-se:

a) Irrigação em países como França, Espanha, Jordânia, Marrocos e Tunísia variam entre R\$ 0,80/m³ e R\$ 0,27/m³. Em Israel e na Califórnia o preço varia de R\$ 0,63/m³ a R\$ 0,89/m³.

b) Na Austrália os valores variam conforme exemplos para os tipos: industrial – R\$ 1,29/m³ a R\$ 3,91/m³.

c) De acordo com os exemplos estudados no Plano Nacional de Reúso (2017) tem-se:

- Industrial: R\$ 1,19/m³

- Industrial com Osmose Reversa: R\$ 3,71/m³

³ Metodologia top-down: “de cima para baixo”, neste caso utilizou-se as informações existentes e disponíveis a nível nacional e internacional como ponto de partida, visando chegar a proposições locais.

⁴ Para o Euro foi adotado o valor de R\$ 3,91 como média de janeiro de 2018 e para o Dólar, R\$ 3,22.

Para estimar o preço de venda, foi adotada a formulação descrita por M.Molinos – Selante et al (2013), sendo possível estimar a tarifa de venda da água de reúso a partir dela, como demonstrado pela equação 03.

$$SPW \geq (IC+OMC+FC+T)/AVW \quad (\text{Equação 04})$$

Onde:

SPW – Preço de venda da água de reúso (R\$/m³)

IC – Custos de investimentos (R\$)

OMC – Custos de operação e manutenção (R\$)

FC – Custos financeiros (R\$) - adotado como 10%

T – Taxas (R\$) - adotado como 12%. Também pode se entender esta taxa como a conhecida WACC⁵ - Custo Médio Ponderado do Capital (WAC – Weighted Average Cost of Capital).

AVW – Volume anual de água reciclada (m³/ano)

Para possibilitar a construção de uma metodologia amparada em exemplos comparativos, os custos calculados foram comparados com os utilizados em projetos existentes no Brasil citados em Ch2mHill (2017) .

Por fim, buscando praticidade e simplicidade na proposta, utilizando estudos anteriores e a conhecida estrutura tarifaria da CASAL de forma escalonada em função do volume consumido, foi construída, para cada sistema produtor/consumidor de água de reuso identificado em Maceió, uma estrutura tarifária para água de reuso, constituída por duas partes: uma fixa e uma variável.

Parte fixa: corresponde a diferença entre os custos médios e marginais, que na pratica se refere ao custo da água (CAPEX + OPEX), aplicado aos primeiros 10 m3 consumidos.

⁵ Normalmente nos estudos financeiros para sistemas tradicionais de abastecimento de água e esgotamento sanitário em PPP ou concessões, mesmo nas revisões tarifarias pelas agências reguladoras, se utiliza WACC de aproximadamente 10%. Se tratando de reúso, se estima com base na próprio estudo de M.Molinos-Selante et al (2013) o valor de 12%.

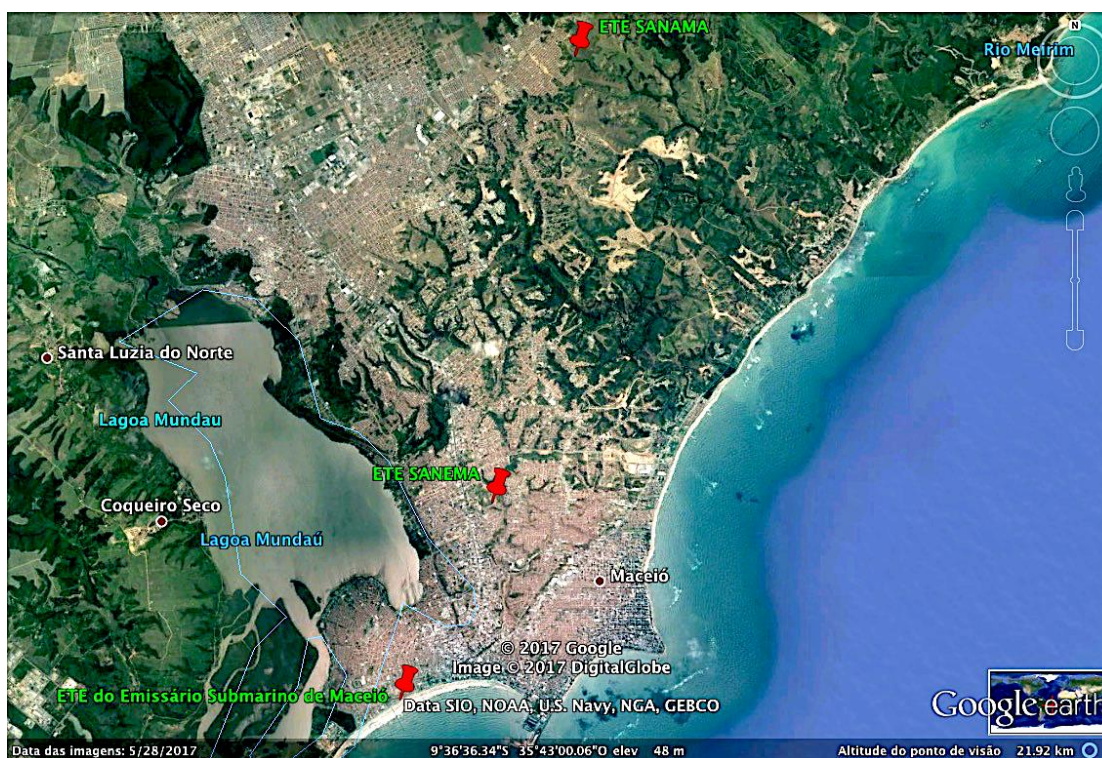
Parte variável: referente aos custos marginais estimados que dependem do modelo de reúso e finalidade a que se destina, e foi calculada de acordo com a equação 03, escalonando os volumes consumidos de água de reúso, em 20%, 30%, 40% e 50% do volume nominal tratado na ETE. Essa parte variável se aplica ao volume excedente aos 10 m³ iniciais, só que ao contrário do que se observa para água de abastecimento, que tem um escalonamento crescente do valor do metro cubico em função do aumento do volume de água potável consumido, neste caso, o escalonamento (a cada 10 m³ excedente) é decrescente com o aumento do volume de água de reúso consumido, visando estimular a adesão ao reúso de água.

5 RESULTADOS.

5.1 ETEs Identificadas.

Levando-se em consideração ETEs capazes de fornecer vazões iguais ou maiores que 100 L/s (360 m³/h), a cidade de Maceió foi a que apresentou as melhores condições na região metropolitana para desenvolver o estudo, tendo sido identificadas três ETEs: uma ETE em operação na área do chamado emissário submarino de Maceió, que possui atualmente apenas tratamento primário mas já tem projeto para implantação de tratamento secundário, e duas novas ETEs projetadas, uma em contrato de PPP (Parceria Público Privada) – CASAL/SANAMA, e outra no contrato de locação de ativos CASAL/SANEMA. A FIGURA 15 ilustra a localização das ETEs identificadas como potenciais produtoras de água de reuso.

Figura 15 – Indicação da localização das ETEs escolhidas para Maceió.



Fonte – Google Earth.(2017)

As ETEs tem as seguintes vazões e características gerais:

a) **ETE da área de disposição oceânica do emissário submarino de Maceió:** segundo dados fornecidos pela CASAL (Agosto, 2017), a vazão nominal é de 1.964 L/s (7.070 m³/h) e a vazão média varia entre 1.430 L/s (5.148 m³/h) e 1.575 L/s (5.760 m³/h).

Esta ETE já existe e é do tipo primário, fazendo apenas a separação de sólidos grosseiros e finos. Recebe também o esgoto de caminhões limpa fossas que coletam esgoto em áreas onde não há sistema de coleta público e esporadicamente recebe efluentes do tratamento de chorume do aterro sanitário de Maceió e de algumas poucas plantas industriais.

Está localizada na zona baixa de Maceió, na Avenida Assis Chateaubriand, na praia do Sobral e recebe todo esgoto das bacias sudeste, parte do Vale do Reginaldo e sudoeste. O que corresponde aos bairros do Pontal da Barra, Trapiche, Vergel, Ponta Grossa, Centro, Jaraguá, Pajuçara, Ponta da Terra, Ponta Verde, Jatiúca, Cruz das Almas, partes do Farol, Cambona, Jacintinho e Mangabeiras.

Há o projeto de uma ETE, elaborado pela empresa AQUARUM para a CASAL em 2014, a ser construída na área da atual estação com a finalidade de modernizar e adequar o sistema atual a nível de tratamento secundário, beneficiando as bacias do Sudeste, Sudoeste, Mundaú e Vale do Reginaldo. A vazão estimada é de 1.333,3 L/s (4.680 m³/h) e o sistema de tratamento é basicamente do tipo lodos ativados, compostos especificamente pela IFAS (Integrated Fixed-Film Activated Sludge), seletor anóxico e decantador secundário. Em suma, o sistema de tratamento proposto é pela via biológica, com remoção secundária e eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 90%.

b) ETE da SANAMA: tem capacidade nominal de 385 L/s (1.386 m³/h) e terá nível secundário de tratamento. Porém quanto a tecnologia a ser empregada, em consulta formal a SANAMA, esta respondeu que o projeto se encontrava sob análise na CASAL, portanto nada podia ser divulgado, e a CASAL, também consultada, informou que aguardava informações da SANAMA sobre o projeto.

Esta estação está projetada e as obras ainda não foram iniciadas, embora o contrato já esteja em andamento nos serviços da Parceria Público Privada – PPP.

Situa-se basicamente na bacia de esgotamento do Tabuleiro e Pratagy, devendo atender quando pronta, aos bairros Santa Lúcia, Tabuleiro dos Martins, Clima Bom, Petrópolis, Santa Amélia, Benedito Bentes, Cidade Universitária, Antares, Salvador Lira e Santos Dumont, beneficiando uma população aproximada de 300 mil pessoas, até 2021.

c) ETE da SANEMA: tem capacidade nominal de 238 L/s (856,8 m³/h) e terá nível secundário de tratamento, cujo processo de é o de lodos ativados na sua variante MBBR

(Moving Bed Bio Reactor), em regime de Fluxo Pistão (Plug Flow), precedido de seletor anóxico.

A separação de fases será feita através de decantador lamelar, e a desidratação do lodo através de centrifugação. O tratamento será precedido de separação de sólidos, separação de gordura e desarenação. Esta estação está projetada e as obras ainda não foram iniciadas, embora o contrato já esteja em andamento nos serviços da locação de ativos.

Este contrato beneficia duas bacias de esgotamento: Mundaú e Vale do Reginaldo, com coleta, tratamento e destinação adequada do esgoto na região dos seguintes bairros de Maceió: Farol, Pinheiro, Santo Amaro, Gruta de Lourdes, Canaã, Jardim Petrópolis, Serraria, Barro Duro, José Tenório Lins e Ouro Preto, devendo beneficiar uma população de 120 mil pessoas, até 2020.

Para o desenvolvimento do projeto de reúso, se considerou, com base na revisão literária que se adotará como tratamento avançado a UF – Ultrafiltração por ser um método mais barato que a OR – Osmose Reversa e porque as finalidades propostas para Maceió não recomendam mais que UF. Entretanto se verá que acrescentar o sistema de OR aumentará CAPEX e OPEX que poderão ser calculados e lançados na estrutura tarifária sugerida.

5.2 Público alvo e usos potenciais

Conhecidas as fontes geradoras de efluentes tratados de esgotos para aplicação de tecnologias complementares para produção da água de reúso e visando estruturar o estudo para os tipos de reúso propostos, os levantamentos feitos apontaram para as seguintes possibilidades de aplicação do reúso:

a) A partir da ETE do emissário:

a.1 – RNP na Braskem⁶ com ênfase para reúso industrial, urbano e ambiental, já tendo havido uma manifestação técnica de interesse por reúso industrial para vazão de 347,2 L/s (1.250 m³/h).

b) A partir da ETE do sistema da SANAMA:

⁶ A BRASKEM já declarou para a CASAL, o interesse de utilizar até 1.250 m³/h do esgoto da ETE existente na área do emissário submarino de Maceió e iniciou os Estudos para dimensionar uma unidade de reciclagem de água.

b.1 – RNP no Shopping Pátio Benedito Bentes para reúso industrial e urbano (refrigeração, jardinagem, lavagem de pisos);

b.2 – RPI na bacia do Pratagy, com lançamento no Rio Pratagy próximo a atual captação de água da CASAL;

b.3 – RNP para o Pólo Industrial Governador Luiz Cavalcante visando reúso urbano e industrial (refrigeração, jardinagem, lavagem de pisos).

c) A partir da ETE do sistema SANEMA:

c.1 – RPI para Recarga de aquífero na bacia sedimentar do Vale do Médio e Baixo Reginaldo;

c.2 – RNP visando a disponibilidade de água para coleta em carros – pipa para irrigação de parques e jardins e limpeza de rede coletora de esgoto.

5.3 Resultados Obtidos para Custos e Tarifas.

Com base nos resultados que indicaram as fontes fornecedoras e os possíveis usuários estabelecidos para o estudo, segue o trabalho com a determinação dos valores de custos e tarifas, separando cada uma das ETEs por região de referência.

Inicialmente foram levantados os custos CAPEX do tratamento projetados para as três ETEs identificadas em Maceió, de acordo com dados obtidos na CASAL e empresas contratadas, os quais estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Dados sobre as ETEs projetadas para a cidade de Maceió.

UNIDADE	TIPO DE ETE	CAPEX R\$	CUSTO Aprox. R\$/L/s	VAZÃO L/s
SISTEMA EMISSÁRIO	SECUNDÁRIO - LODO ATIVADO VARIANTE IFAS	97.482.689,90	73.130,30	1.333
SANEMA*	SECUNDÁRIO - LODO ATIVADO VARIANTE MBBR	18.000.000,00	75.630,25	238
SANAMA**	SECUNDÁRIO - LODO ATIVADO VARIANTE MBBR	38.000.000,00	98.701,30	385

*- A vazão considerada aqui é do contrato.

**- Não está confirmado o tipo de tratamento com MBBR.

Fontes: CASAL; SANEMA – Saneamento de Maceió; SANAMA – Saneamento da Alta Maceió. (2017)

5.3.1. Caso 01 – Reúso a partir da ETE da área do emissário submarino

a) Vazão disponível

Considerando que todo efluente é destinado ao oceano atlântico, pelo menos 75% da vazão poderia ser destinada ao reúso de águas no futuro. Com visão mais adiante, se pode imaginar até descarte zero de efluente no mar, caso seja possível destinar a vazão do esgoto tratado para usos diversos como abastecimento do polo industrial de Marechal Deodoro ou descontaminação do aquífero na região do polo ou mesmo RPI no sistema de abastecimento de água de Maceió ou ainda melhoria ambiental do CELMM. Assim, poderia se utilizar até 1.070 L/s (3.852m³/h).

b) Vazão requerida

A Braskem é o principal usuário com vazão demandada para reúso industrial de 347,2 L/s (1.250 m³/h ou 10.950.000 m³/ano)

c) Qualidade da água de reuso requerida

Para usos industriais, se equiparam as exigências àquelas referentes aos usos urbanos restritos (PROSAB, 2006), observando-se que em alguns casos específicos, mais comuns no entanto, se requer um tratamento terciário adicional para evitar “*bio fouling*” (acúmulo de microorganismos na superfície molhada) e corrosão.

O esgoto bruto afluente, que é bombeado a ETE do emissário submarino, tem as características apresentadas na TABELA 18.

As características previstas no projeto da AQUARUM (empresa que elaborou o projeto do futuro tratamento secundário da referida ETE), para o esgoto após tratamento na ETE projetada para a área do emissário (ainda a ser construída), podem ser visualizadas na TABELA 19.

Tabela 18 – Indicadores de qualidade do esgoto afluente a ETE existente no emissário de Maceió.

MONITORAMENTO DA ETE DO EMISSÁRIO							
PARÂMETRO	UNIDADE	ESGOTO BRUTO	ESGOTO TRATADO	DATA	ESGOTO BRUTO	ESGOTO TRATADO	DATA
pH	xxx	xxx	7,18		7,12	6,80	
SST	mg/l	xxx	xxx	21/01/16	xxx	xxx	06/01/17
DBO ₅	mg/l	xxx	680		250,00	260	

CT	NMP/100 ml	xxx	3,00E+06		xxx	1,07E+07	
pH		xxx	7,03		6,79	7,1	
SST	mg/l	xxx	xxx	30/06/16	xxx	8,0	12/06/17
DBO ₅	mg/l	280	110		340	300	
CT	NMP/100 ml	1,70E+07	2,10E+07		xxx	9,10E+05	
pH		6,97	7,42		7,05	7,19	
SST	mg/l	xxx	xxx	04/12/16	xxx	0,9	06/09/17
DBO ₅	mg/l	258,5	227,9		300	200	
CT	NMP/100 ml	xxx	1,68E+08		xxx	6,00E+06	

Fonte: CASAL (2017)

Tabela 19 – Padrão de esgoto estimado para o efluente da nova ETE na área do emissário de Maceió.

PARÂMETRO	EFLUENTE
pH	5,0 a 9,0
Temperatura	<40° C
Sólidos em suspensão total	≤40 mg/L
Sólidos sedimentáveis	<1 mg/L
DBO ₅	≤60 mg/L
Oxigênio dissolvido	≥2 mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤20 mg/L

Fonte: CASAL (2014).

Mas para atender a demanda da BRASKEM é necessário ainda reduzir a condutividade elétrica, cloretos, sólidos totais com possível remoção de cálcio, magnésio, sílica, alcalinidade, sulfatos, fosfatos, fluoretos, nutrientes e carbono prontamente assimilável, além de manter DBO e SST no padrão recomendado para o reúso industrial. Assim, foi adotado como tratamento complementar (adicionar ao tratamento projetado pra a ETE) uma unidade de **ultrafiltração pressurizada com membranas (UF)**.

Essa tecnologia de tratamento complementar se justifica também, porque poderá haver irrigação em área ambiental de acesso público. Assim, se recomenda adotar um padrão mais próximo do restritivo, com base no reúso para irrigação de parques, jardins e cinturão verde, conforme as TABELAS 7 e 8 estabelecem.

A Estimativa de CAPEX – Capital Expenditure, é uma das etapas mais importantes do resultado, posto que a partir dele se obtém uma das parcelas que possibilita o cálculo da tarifa. Na TABELA 20 estão os valores referentes ao atendimento a demanda da BRASKEM de 347,2 L/s (1.250 m³/h).

Tabela 20 – Estimativa de CAPEX para o aproveitamento da ETE do emissário.

CAPEX POR UNIDADE	CUSTO ESTIMADO R\$
ETE a ser implantada ⁷	97.482.689,90
Tratamento adicional UF ⁸	18.750.000,00
Bombeamento (3 GMB 70 CV)	2.800.000,00
Adutora (Ferro Fundido)	2.065.762,50
Eventuais	6.054.922,62
SUBTOTAL	127.153.375,02
Estudos técnicos complementares	2.543.067,50
Licenciamento ambiental	10.000,00
Gerenciamento da obra	3.814.601,25
SUBTOTAL	6.367.668,75
TOTAL	133.521.043,77
VPL	127.162.898,83
CAPEX Anualizado (5% aa por 30 anos)	8.272.344,87

Fonte: Autor.

Conceitos adotados para determinação dos custos:

a) Tratamento complementar: Sistema de tratamento avançado com **Ultrafiltração pressurizada com membranas**;

b) Estação de bombeamento (EE) com 3 conjuntos motobomba, sendo um reserva, potência de 70 CV e altura manométrica estimada em 12 metros;

c) Adutora em ferro fundido com diâmetro calculado pela fórmula de Bresse, com 1.250 metros de extensão em via pavimentada com asfalto e vala de 1,21 a 1,50 de profundidade, com diâmetro de 500 mm e coeficiente “C” igual a 0,8;

d) Não se considerou a implantação de reservatório na Braskem;

Conhecido o CAPEX, para compor os valores de custos que levam a tarifa, é necessário ter uma estimativa de OPEX⁹. A TABELA 21, traz os valores obtidos.

Tabela 21 – Resumo de OPEX para o aproveitamento da ETE do emissário.

REÚSO NÃO POTÁVEL BRASKEM	
OPEX POR UNIDADE	CUSTO ANUAL ESTIMADO R\$

⁷ ETE projetada para a CASAL – Cia. de Saneamento de Alagoas.

⁸ Unidade de tratamento avançado em UF pressurizada com preço médio adotado de R\$ 15.000,00/m³/h para instalação. (Estimativa com base em equipamentos da DOW Química do Brasil).

⁹ Tanto para CAPEX quanto para OPEX as estimativas se basearam na AACE International Recommended Practice No. 18R-97, sendo esta recomendação utilizada quando necessário, como justificativa para o uso de valores decorrentes de referências de mercado e serviços semelhantes. (Produto IV, Plano Nacional de Reúso, 2017).

Manutenção & Operação da ETE	1.949.653,80
Energia elétrica na ETE	6.477.160,45
Manutenção & Operação da UF	2.555.730,00
Energia elétrica da EE da UF	189.323,90
Manutenção & Operação da Adutora	41.315,25
Eventuais	560.659,17
Total OPEX	11.773.842,57

Fonte: Autor.

Para a OPEX, considerou-se que a operação da ETE será de 21 horas/dia durante 365 dias/ano e operação da UF de 20 horas/dia durante 304 dias/ano, incluídos sábados.

Com os valores das TABELAS 20 e 21, foi obtido o custo atual da tarifa de R\$ 1,83/m³ para o caso 1, RNP a partir da ETE do emissário, tendo como potencial usuário a BRASKEM, para um volume de 10.950.000 m³/ano.

$$\text{CAPEX Anualizado: } 8.272.344,87 / 10.950.000 \text{ m}^3 = 0,76 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{OPEX: } 11.773.842,57 / 10.950.000 \text{ m}^3 = 1,08 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{TOTAL: } 20.046.187,44 / 10.950.000 \text{ m}^3 = 1,83 \text{ R\$/m}^3$$

Observando os valores praticados pela CASAL¹⁰, obtidos em sua estrutura tarifária, apenas como uma forma de comparar, pode se ver que os valores mínimos praticados para as faixas de consumo semelhantes ao caso aqui estudado, mostram que a água da Companhia levaria a despesas anuais muito maiores, adotando é claro, o volume mensal estimado para a BRASKEM:

- Tarifa industrial CASAL: R\$ 11,48/m³ até 10 m³/mês, mais R\$ 20,97/m³ por metro cúbico excedente.

- Tarifa de água bruta CASAL: R\$ 2,40/m³ até 10 m³/mês, mais R\$ 8,12/m³ por metro cúbico excedente.

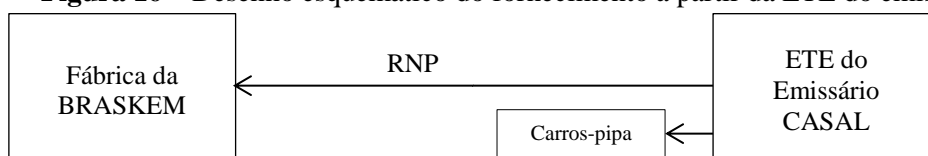
O valor de R\$ 1,83/m³ pode ser entendido como uma tarifa que cobre os custos, entretanto, é possível compreender que dadas as particularidades de cada projeto de reúso, conhecido o valor que cobre o custo de ofertar este tipo de água, é provável que sempre se

¹⁰ Estrutura tarifária aprovada em julho de 2017.

possa trabalhar com a tarifa da operadora dos serviços de água e esgoto como referência comparativa para incentivar o reúso, principalmente pelas limitações que há para chegar a uma estrutura tarifaria para água de reúso em áreas urbanas.

A FIGURA 16 apresenta um esquema do sistema proposto.

Figura 16 – Desenho esquemático do fornecimento a partir da ETE do emissário submarino.



Fonte: Desenho do autor.

Foi avaliado também o fornecimento de água para usos em jardins e áreas urbanas por meio de carros-pipa, considerando a possibilidade de irrigação de parques e jardins, além do campo de futebol do Estádio Rei Pelé.

5.3.2. Caso 02 – Reúso a partir da ETE da SANAMA.

a) Vazão disponível para reúso:

A vazão média da ETE é de $0,385 \text{ m}^3/\text{s}$, esta ETE lançará todo seu efluente tratado na bacia do Riacho Doce quando estiver concluída. Considerando a eficiência dos sistemas de reúso, 75% da vazão tratada na ETE pode ser direcionada para uma unidade de tratamento para reúso. Assim, se considerará uma disponibilidade de até $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.044 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $9.145.440 \text{ m}^3/\text{ano}$).

b) Vazão requerida

Para ETE da SANAMA foram considerados dois cenários:

Para RPI no rio Pratygy, foi considerada a vazão de $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.044 \text{ m}^3/\text{h}$).

Para RNP, pela limitação na coleta de dados de campo, se entendeu que há uma demanda possível de RNP industrial no pólo Governador Luiz Cavalcante e no Shopping Pátio, além de outros usos que podem ser feitos a partir de um ponto de coleta no Distrito Industrial, com vazão de $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.044 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $9.145.440 \text{ m}^3/\text{ano}$).

c) Qualidade da água de reúso requerida

Para definição da qualidade da água de reúso, neste caso, também se recorreu ao que está definido em resoluções, estudos e normativos nacionais e internacionais. Para usos industriais, se equiparam as exigências àsquelas referentes aos usos urbanos restritos (PROSAB, 2006), observando-se que em alguns casos específicos, mais comuns no entanto, se requer um tratamento terciário adicional para evitar “bio fouling” e corrosão. Além disso, levando em consideração a avaliação de RPI – Reúso Potável Indireto no rio Pratygy (manancial utilizado para o abastecimento de água de Maceió), se entende ser necessário adotar padrão mais restritivo.

Não foi possível obter dados mais conclusivos sobre o sistema de tratamento desta ETE, principalmente sobre as características dela no que se refere ao esgoto afluente e nem ao esgoto efluente que alimentará a estação de reúso. Entretanto, considerando ser que ela será do tipo secundário, se proporá a implantação de um tratamento adicional em **UF pressurizada com membranas**, considerando, como já se explicou, o destino que poderá se dar ao efluente de reúso.

I. CENÁRIO 1: RPI – REÚSO POTÁVEL INDIRETO NO RIO PRATAGY.

Para este cenário se utilizou os seguintes conceitos adotados para o cálculo do CAPEX:

a) Ponto de lançamento da água de reúso na bacia de acumulação da zona de captação de água da CASAL no rio Pratygy;

b) Tratamento complementar: Sistema de tratamento avançado com Ultrafiltração pressurizada com membranas;

c) Se considerou a possibilidade de lançar a vazão máxima de 290 L/s quando houver estiagem severa ou a depender do interesse operacional da CASAL, portanto a adutora está dimensionada para esta vazão. Assim, o volume total foi estimado com base em pelo menos seis meses de uso deste reforço ao Rio Pratygy.

d) Adutora em DEfofo com diâmetro calculado pela fórmula de Hazen-Williams, com 5.085 metros de extensão em terreno natural ao lado da estrada de acesso a EE da CASAL, tendo se adotado $D = 400$ mm e coeficiente “C” igual a 140;

e) Não se considerou a implantação de reservatório e o sistema adutor operará por gravidade;

A TABELA 22 se demonstra o resumo do CAPEX do cenário 1 com base nas premissas e conceitos adotados, para a vazão de 290 L/s ($1.044\text{m}^3/\text{h}$).

Tabela 22 - Estimativa de CAPEX para RPI no Rio Pratagy a partir da ETE da SANAMA

CAPEX POR UNIDADE	CUSTO ESTIMADO R\$
ETE a ser implantada ¹¹	38.000.000,00
Tratamento adicional UF ¹²	15.660.000,00
SUBTOTAL	53.660.000,00
Adutora DeFoFo	4.195.328,40
Eventuais	2.892.766,42
SUBTOTAL	60.748.094,82
Estudos técnicos complementares	1.214.961,90
Licenciamento ambiental	10.000,00
Gerenciamento da obra	1.822.442,84
SUBTOTAL	3.047.404,74
TOTAL	63.795.499,56
VPL	60.757.618,63
CAPEX Anualizado (5% aa por 30 anos)	3.952.473,40

Fonte: Autor.

Conforme se observa na TABELA 23 há uma descrição estimada dos custos com a operação e a manutenção.

Tabela 23 – Resumo do OPEX para RPI a partir da ETE da SANAMA

OPEX POR UNIDADE	CUSTO ANUAL ESTIMADO R\$
Manutenção & Operação da ETE	760.000,00
Energia elétrica da ETE	5.056.191,22
Manutenção & Operação da UF	2.134.545,70
Energia elétrica da UF	426.909,14
Manutenção & Operação da Adutora	41.953,28
Eventuais	420.979,97
Total OPEX	8.840.579,31

Fonte: Autor.

¹¹ Valor obtido na SANAMA, via consulta e resposta por e-mail.

¹² Unidade de tratamento avançado em UF pressurizada com preço médio adotado de R\$ 15.000,00/m³/h para instalação. (Estimativa com base em equipamentos da DOW Química do Brasil)

Para a OPEX considerou-se que a operação da ETE será de 21 horas/dia em média durante 365 dias/ano, e a operação da UF de 24 horas/dia durante 190 dias/ano.

Com os valores das TABELAS 22 e 23, foi obtido o custo anualizado de R\$ 1,40/m³ para o cenário 1, para um volume de 9.145.440 m³/ano.

CAPEX Anualizado: $3.952.473,40 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 0,43 \text{ R\$/m}^3$

OPEX: $8.840.579,31 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 0,97 \text{ R\$/m}^3$

TOTAL: $12.793.052,71 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 1,40 \text{ R\$/m}^3$

Observando a estrutura tarifaria da CASAL apenas como uma forma de comparar, pode se ver que os valores mínimos praticados para as faixas de consumo semelhantes ao caso aqui estudado, mostram que a água da Companhia levaria a despesas anuais muito maiores, tais como se vê:

- Tarifa de água bruta: R\$ 2,40/m³ até 10m³/mês, mais R\$ 8,12/m³ por metro cúbico excedente

O valor de R\$ 1,40/m³ pode ser entendido também neste caso como uma tarifa que cobre os custos, este exemplo mostra um caso particular em que a água de reúso leva a melhorar a relação oferta x demanda na captação do sistema Pratagy. Aqui, o que poderia servir para incentivar a prática do reúso é custo da água captada no rio Pratagy e tratada na ETA Eng. Josué Palmeira pela CASAL

II. CENÁRIO 2: RNP – REÚSO NÃO POTÁVEL PARA FINS INDUSTRIAIS E URBANOS

Para este cenário se utilizou os seguintes conceitos adotados para o cálculo do CAPEX:

a) Tratamento complementar: Sistema de tratamento avançado com Ultrafiltração pressurizada com membranas, localizado ao lado da ETE;

b) Estação de bombeamento (EE) com 3 conjuntos motobomba, sendo um reserva, potência de 40 CV e altura manométrica estimada em 30 metros. O consumo estimado foi de

100 L/s (360 m³/h), considerando que não há uma demanda conhecida e calculada. Esta será a vazão inicial da EE de UF para o reservatório na área da ETA;

c) O consumo estimado para o Shopping Pátio foi de 8,5 L/s (30 m³/h) com base nas portarias da SEMARH que autorizaram a outorga para quatro poços e para o Distrito Governador Luiz Cavalcante, foi considerado, tomando como base o volume consumido total no histograma da CASAL para a região, nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, o valor de 30L/s (108m³/h). Para ter uma faixa de segurança, foi adotada a vazão de 50L/s (180m³/h) para dimensionar o reservatório e a adutora.

d) Adutora em ferro fundido (Trecho 1), entre a ETE/UF e o reservatório na área da ETA, com diâmetro calculado pela fórmula de Bresse e 4.031 metros de extensão em via pavimentada com asfalto e vala de 1,21 a 1,50 de profundidade, adotado o D = 300 mm e coeficiente “C” igual a 0,80.

e) Se considerou a implantação de um reservatório na área da ETA da CASAL no Benedito Bentes, com capacidade de 1.800 m³, elevado em concreto armado, para distribuir a água até o Distrito Governador Luiz Cavalcante;

f) Foi adotado o diâmetro de 250 mm para a adutora de DEfofo (Trecho 2), calculada pela fórmula de Hazen – Williams, entre o reservatório na área da ETA e o Distrito Governador Luiz Cavalcante. A extensão estimada até o ponto de entrega considerado na metade da extensão da Avenida Governador Luiz Cavalcante, tem 2.798 metros;

A TABELA 24 demonstra o resumo do CAPEX do cenário 2 com base nas premissas e conceitos adotados, para a vazão de 290 L/s (1.044m³/h).

Tabela 24 – Resumo da estimativa de CAPEX para RNP a partir da ETE da SANAMA

CAPEX POR UNIDADE	CUSTO ESTIMADO R\$
ETE a ser implantada	38.000.000,00
Tratamento adicional UF	15.660.000,00
SUBTOTAL	53.660.000,00
Bombeamento (3 GMB 40 CV)	800.000,00
Adutora Trecho 1 (Ferro fundido)	4.287.653,77
Reservatório elevado	2.880.000,00
Adutora Trecho 2 (Defofo)	1.857.816,04
Eventuais	3.174.273,49
SUBTOTAL	66.659.743,30

Estudos técnicos complementares	1.333.194,87
Licenciamento ambiental	10.000,00
Gerenciamento da obra	1.999.792,30
SUBTOTAL	3.342.987,17
TOTAL	123.662.730,47
VPL	117.774.029,01
CAPEX Anualizado (5% aa por 30 anos)	7.661.569,48

Fonte: Autor.

A estimativa de OPEX para o cenário 2 está apresentada na TABELA 25.

Tabela 25 – Resumo da estimativa de OPEX para RNP a partir da ETE da SANAMA

OPEX	Custo Anual Estimado R\$
Manutenção & Operação da ETE	760.000,00
Energia elétrica da ETE	5.056.191,22
Manutenção & Operação da UF	2.134.545,70
Energia elétrica da EE da UF	719.194,33
Manutenção & Operação das Adutoras (Trechos 1 e 2)	61.454,70
Manutenção do Reservatório	28.800,00
Eventuais	438.009,30
Total OPEX	9.198.195,25

Fonte: Autor.

Para a OPEX considerou-se que a operação da ETE será de 21 horas/dia em média durante 365 dias/ano, e a operação da UF de 24 horas/dia durante 190 dias/ano.

Para o custo de energia, além da energia da ETE e da UF foi considerado o consumo da EE para aduzir a água de reuso até o reservatório na área da ETA do Pratagy;

Com os valores das TABELAS 24 e 25, foi obtido o custo anualizado de R\$ 1,84/m³ para o cenário 2, para um volume de 9.145.440 m³/ano.

$$\text{CAPEX Anualizado: } 7.661.569,48 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 0,43 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{OPEX: } 9.198.195,25 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 1,01 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{TOTAL custo tarifa: } 16.859.764,73 / 9.145.440 \text{ m}^3 = 1,84 \text{ R\$/m}^3$$

Mais uma vez a particularidade de cada sistema leva a valores que se equivalem a alguns exemplos vigentes no Brasil e no mundo (CH2m Hill, 2017), porém deve se observar com atenção e cuidado as condições operacionais locais e a própria necessidade de fazer o

reúso, como motivadores para os investimentos, os quais podem ter concepções variadas e técnica e condições de gestão/operação.

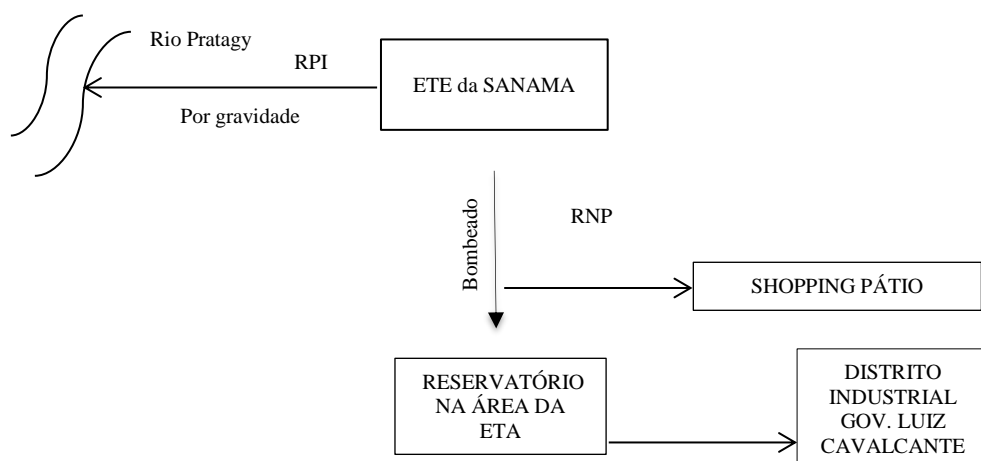
Uma base de comparação, sem dúvidas, será sempre a tarifa da CASAL para o fornecimento de água para todas as categorias de usuários, destacando-se neste caso que o reúso pode ser equiparado a categorias indústria e de água bruta para usos urbanos, conforme a classificação existente na estrutura tarifaria da CASAL. Assim, apenas para avaliações, tem-se:

- Tarifa industrial: R\$ 11,48/m³ até 10m³/mês, mais R\$ 20,97/m³ por metro cúbico excedente.

- Tarifa de água bruta: R\$ 2,40/m³ até 10m³/mês, mais R\$ 8,12/m³ por metro cúbico excedente.

A FIGURA 17 descreve o sistema proposto para a área de influência da ETE da SANAMA.

Figura 17 – Desenho esquemático do fornecimento a partir da ETE da SANAMA.



Fonte: Desenho do autor.

5.3.3. Caso 03 – RNP com base na ETE da SANEMA.

a) Vazão disponível para reúso:

Esta ETE, como identificado anteriormente, tem uma vazão de projeto de 238 L/s (856,8 m³/h). Adotando os critérios definidos na literatura técnica para dimensionamento de unidades de ultrafiltração (DOW Chemical, 2015), a vazão resultante no processo para transformar o efluente tratado da ETE em água de reúso é 75% em média da vazão tratada na ETE, assim, esta estação poderá disponibilizar quando estiver construída, até 178 L/s (640,8 m³/h ou 5.613.408 m³/ano).

b) Vazão requerida

Diferente dos casos anteriores, não há demandas estimadas que possam caracterizar usos específicos, pois neste caso, a própria localização da unidade dificulta a busca de usuário que possam viabilizar os investimentos, logo a vazão requerida será considerada igual a vazão disponível de 178 L/s (640,8 m³/h ou 5.613.408 m³/ano).

c) Qualidade da água de reúso requerida

Basicamente como não foi identificado uso específico, se considerará a disponibilidade de água de reúso com e sem UF, levando em conta o RNP e o RPI, para fins urbanos e ambientais, configurado em dois cenários:

RPI – Reúso Potável Indireto para recarga de aquífero no Vale do Reginaldo

RNP - Reúso Não Potável para usos urbanos como rega de parques e jardins ou limpeza de tubulações de esgoto.

Dado o tipo de tratamento na ETE, se entende que o efluente para a unidade de UF atenderá aos padrões requeridos para a obtenção da água de reúso a custos eficientes, já que não se conseguiu obter os dados de projeto.

Desta maneira as estimativas de CAPEX e OPEX a seguir apresentadas visam criar a oportunidade de aproveitamento a partir da disponibilidade de água de reúso na ETE da SANEMA. Não serão dimensionadas, ainda que estimativamente unidades de bombeamento, reservação e transporte, pois como não há demanda conhecida ou prevista, uma simulação breve indica que os custos de CAPEX e OPEX para, por exemplo distribuir 100 m³/dia seria pouco representativo no contexto da implantação, operação e manutenção da ETE e unidade de UF agora.

I. CENÁRIO 1: RPI – REÚSO POTÁVEL INDIRETO NO VALE DO REGINALDO

Neste cenário o CAPEX para o RPI – Reúso Potável Indireto para recarga de aquífero no Vale do Reginaldo, com vazão de 178 L/s, está apresentado na TABELA 26, onde foi considerado como premissa apenas a ETE a ser implantada, complementada por um sistema de tratamento avançado com Ultrafiltração pressurizada com membranas.

Tabela 26 – Resumo da estimativa de CAPEX para RPI a partir da ETE da SANEMA.

CAPEX POR UNIDADE	CUSTO ESTIMADO R\$
ETE a ser implantada	18.000.000,00
Tratamento adicional UF	9.612.000,00
Eventuais	1.380.600,00
SUBTOTAL	28.992.600,00
Estudos técnicos complementares	579.852,00
Licenciamento ambiental	10.000,00
Gerenciamento da obra	869.778,00
SUBTOTAL	1.459.630,00
TOTAL	30.452.230,00
VPL	29.002.123,81
CAPEX Anualizado (5% aa por 30 anos)	1.886.679,00

Fonte: Autor.

A estimativa de OPEX para este cenário está apresentada na TABELA 27.

Tabela 27 – Resumo da estimativa de OPEX para RPI a partir da ETE da SANEMA

OPEX POR UNIDADE	CUSTO ANUAL ESTIMADO R\$
Manutenção & Operação da ETE	360.000,00
Energia elétrica da ETE	72.000,00
Manutenção & Operação da UF	1.146.398,25
Energia elétrica da EE da UF	229.279,65
Eventuais	90.383,89
Total OPEX	1.898.061,79

Fonte: Autor.

Com os valores das TABELAS 26 e 27, foi obtido o custo anualizado de R\$ 0,68/m³ para o cenário 1, para um volume de ou 5.613.408 m³/ano.

$$\text{CAPEX Anualizado: } 1.886.679,00 / 5.613.408 = 0,34 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{OPEX: } 1.898.061,79 / 5.613.408 = 0,34 \text{ R\$/m}^3$$

TOTAL custo tarifa: $3.784.740,79 / 5.613.408 = 0,68 \text{ R\$/m}^3$

Para este caso em que se propõe a utilização do efluente tratado para reúso como fonte de recarga do aquífero no Vale do Reginaldo, o valor encontrado sem considerar custos de transporte, é de R\$ 0,68/m³.

Este valor se entende como sendo capaz de cobrir os custos com investimentos e operação para disponibilizar água de reúso na saída de ETE com tratamento avançado. Uma importante observação quanto a qualidade desta água de reúso, é de que a situação do aquífero quanto a contaminação por esgotos e água salina, não é conhecida em detalhes que possibilitem avaliar qual o seu grau. Assim se entende que a injeção possa ser feita com água de reúso submetida a tratamento avançado.

Para efeito de comparação e avaliação da viabilidade de se implantar algum ponto de recarga, pode se considerar o valor da tarifa da CASAL para água bruta que é de R\$ 2,40/m³ até 10m³/mês, mais R\$ 8,12/m³ por metro cúbico excedente.

II. CENÁRIO 2: RNP – REÚSO NÃO POTÁVEL PARA USOS URBANOS

Neste cenário o CAPEX para o RNP – Reúso Não Potável Indireto para como rega de parques e jardins ou limpeza de tubulações de esgoto, com vazão de 178 L/s, está apresentado na TABELA 28, onde foi considerado como premissa apenas a ETE a ser implantada. Neste caso, não se adotará o sistema avançado de tratamento com UF e tão somente uma simples cloração (com hipoclorito de sódio) para uso nos parques e jardins principalmente.

Tabela 28 - Resumo da estimativa de CAPEX para RNP a partir da ETE da SANEMA.

CAPEX POR UNIDADE	CUSTO ESTIMADO R\$
ETE a ser implantada com desinfecção por hipoclorito de sódio	18.000.000,00
Eventuais	900.000,00
SUBTOTAL	18.900.000,00
Estudos técnicos complementares	378.000,00
Licenciamento ambiental	10.000,00
Gerenciamento da obra	567.000,00
SUBTOTAL	955.000,00
TOTAL	19.855.000,00
VPL	18.909.523,81
CAPEX Anualizado (5% aa por 30 anos)	1.230.123,75

Fonte: Autor.

Se observa para este caso que há maior simplificação nos investimentos para implantação da opção de reúso, verificando-se que o princípio do “fit for purpose” (adequado ao propósito) parece de fato orientar o planejamento do que se deseja desenvolver em termos de reúso de águas.

A estimativa de OPEX para o cenário 2 está apresentada na TABELA 29.

Tabela 29 - Resumo da estimativa de OPEX para RNP a partir da ETE da SANEMA.

OPEX POR UNIDADE	CUSTO ANUAL ESTIMADO R\$
Manutenção & Operação da ETE	360.000,00
Energia elétrica da ETE	72.000,00
Sistema de Cloração com Hipoclorito de Sódio	412.585,49
Eventuais	844.585,49
Total OPEX	1.276.585,49

Fonte: Autor.

Com os valores das TABELAS 28 e 29, foi obtido o custo anualizado de R\$ 0,77/m³ para o cenário 2, para um volume de ou 5.613.408 m³/ano.

$$\text{CAPEX Anualizado: } 1.230.123,75 / 5.613.408 = 0,22 \text{ R\$/m}^3$$

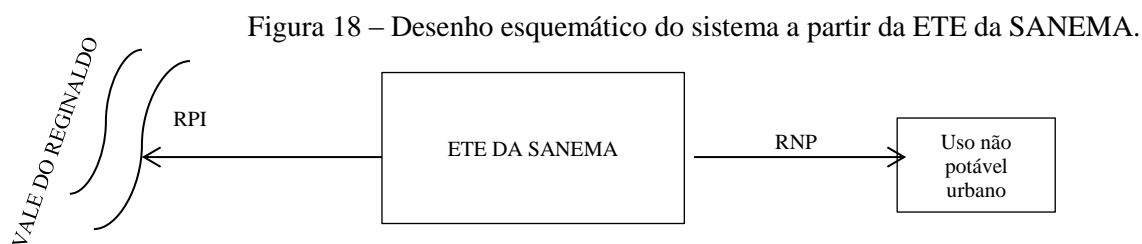
$$\text{OPEX: } 1.276.585,49 / 5.613.408 = 0,23 \text{ R\$/m}^3$$

$$\text{TOTAL custo tarifa: } 2.506.709,24 / 5.613.408 = 0,45 \text{ R\$/m}^3$$

O valor de R\$ 0,45/m³, encontrado para esta situação, representa o que se estima ser capaz de cobrir todos os custos para remunerar a atividade de reúso nesta ETE para as finalidades e condições adotadas. Neste cenário, a avaliação econômica futura será muito importante para validar demandas que possam surgir, já que hoje não previsão de uso.

Para efeito de comparação e avaliação da viabilidade de se implantar algum ponto de fornecimento de água não potável, pode se considerar o valor da tarifa da CASAL para água bruta que é de R\$ 2,40/m³ até 10m³/mês, mais R\$ 8,12/m³ por metro cúbico excedente.

Na FIGURA 18 está apresentado o sistema proposto de forma esquemática.



Fonte: Autor.

5.3.4. Resumo dos custos da água de reúso

Com os resultados apresentados em resumo na TABELA 30, é possível observar a variação do custo da água de reuso de águas em Maceió, onde se verifica que os valores variam de R\$ 0,45/m³ a R\$ 1,83/m³ dependendo da infraestrutura necessária para atender as finalidades do reuso, e regiões onde o mesmo for implantado.

Tabela 30 – Resumo de custos para os casos 01, 02 e 03.

Estudo de caso	Tipo de tratamento	Finalidade do reúso	Vazão m ³ /h	CAPEX R\$	OPEX R\$	CUSTO FINAL R\$/m ³
1	Secundário com tratamento avançado UF	Industrial na planta da Braskem e irrigação no cinturão verde da fábrica	1.250,0	127.162.898,83	11.773.842,57	1,83
		Equilíbrio de vazão no Rio Pratagy para captação de água bruta da CASAL	1.044,0	60.757.618,63	8.840.579,31	1,40
2	Secundário com tratamento avançado UF	Industrial no Distrito Governador Luiz Cavalcante e no Shopping Pátio Benedito Bentes	360,0	117.774.029,01	9.198.195,25	1,84
		Recarga de aquífero no Vale do Reginaldo		29.002.123,81	1.898.061,79	0,68
3	Secundário com desinfecção de Hipoclorito de Sódio	Urbano para irrigar parques e jardins; Limpar tubulações de esgoto.	640,8	18.909.523,81	1.276.585,49	0,45

Fonte: Autor

5.4. Proposição da estrutura tarifária

Para orientar a definição de uma base geral em escala macro, de uma estrutura tarifária, as pesquisas feitas (AWWA, 2008; ARAÚJO et al., 2017; FONTENELE, 2007; MEDELLÍN-AZUARA et al., 2011; PICKERING et al, 2013; EPA, 2012), , mostraram que há uma diversidade de valores para os vários tipos de reúso e regiões onde o mesmo é praticado.

Basicamente, com uma estrutura tarifária, se busca estabelecer preços de venda que possam recuperar os investimentos e custos, garantindo que a sustentabilidade dos serviços seja ajustada às condições financeiras dos usuários. No caso de água reúso, tanto quanto na da distribuição de água potável, verificou-se ao longo deste trabalho, que alguns pontos são relevantes para que se elabore uma tabela de tarifas:

a) Os investimentos para implantação dos sistemas, como características quase natural de serviços de saneamento – esgotamento sanitário no caso – são elevados;

b) Os custos marginais, os quais foram calculados parcialmente nesse estudo por falta de dados mais precisos de usuários futuros, podem gerar uma incerteza econômica na definição de OPEX e no resultado do preço de venda;

c) A distribuição da água de reúso ainda não possui uma definição clara, legal e regulatória sobre quem é o seu responsável oficial, portanto, este serviço não parece ser um monopólio natural;

d) O transporte da água de reúso, pelo que foi observado, não poderá ser realizado por grandes áreas e longos trechos, sendo mais indicado que, a depender do uso, esteja centralizado em regiões de concentração de indústrias ou de áreas favoráveis a prática do reúso urbano e/ou ambiental;

e) A forma de definição de tarifas para reúso inicialmente poderia seguir a de categorias econômicas, com dois grupos de usos: industriais e urbanos;

f) As categorias industriais possuem características que atraem de início o reúso como alternativa, enquanto que as urbanas poderiam englobar os usos ambientais também e se destinar para: recargas de aquífero, reforço de mananciais, irrigação de parques e jardins, usos operacionais em sistemas de esgoto, lavagem de pisos veículos de transporte público e até combate a incêndio;

f) Não se imagina um subsídio direto para incentivar o reúso, mas a utilização de subsídios indiretos como compensação pelo uso reduzido ou mesmo pela substituição da água da CASAL pela de reúso, quando for o caso, e para os usuários que não usam água da CASAL, suspensão ou descontos na taxa de outorga;

g) Por fim, o interesse político para incentivar a prática do reúso e de usuários em confiar na qualidade da água de reúso para seus fins potáveis e não potáveis.

Outro importante fator a relatar, é a relação direta do reúso com a eficiência operacional, a economia de água doce natural e a capacidade dos usuários de pagar pelos serviços, muito mais que no tradicional serviço de abastecimento de água potável. Ao se implantar um sistema que utiliza água de reúso, é quase certo afirmar que não só os estudos econômicos que balizam a determinação de CAPEX e OPEX precisam ser rigorosos e competentes, bem como os contratos entre usuários e fornecedores sejam capazes de dar segurança ao negócio firmado, que é de longo prazo de maturação e retorno.

Para efeito de planejamento, é de se supor que todos os sistemas para reúso industrial levem em consideração o princípio do “take or pay” de modo a se evidenciar que este tipo de serviço não tem apenas a sua tarifa de venda e a cobrança pelo uso como bases da sustentabilidade, aferindo-se por simples medição de volumes. Mais que isso, deve se garantir que por um certo tempo mínimo não se reduza o consumo ou a quantidade do volume a ser utilizado de modo garantido pelo serviço.

A tarifa também deve ser simples e módica, ou seja, capaz de ser entendida por todos: usuários, fornecedores e reguladores, sendo suficiente para não inibir a participação de mais usuários (ABES, 2017). Deixa-se claro também agora que não se considerará situações em que a água de reúso não seja tarifada por interesse público, por se entender que este procedimento não contribuiria para aperfeiçoar modelos públicos de gestão e suas relações de eficiência com usuários e fornecedores privados. Ou seja, mesmo que seja para um fim que possa se enquadrar nas responsabilidades sociais do Estado, este deverá pagar ou criar formas legais e transparentes para que a sociedade, no todo ou parcialmente, pague pelo reúso.

Enfim, por quanto então se poderia vender água de reúso em Maceió, adotando as ETEs referidas e os valores estimados? Poderia haver uma maneira pragmática e objetiva de aplicar uma tarifa para água de reúso a partir dos custos que recuperam os investimentos e tomam por base as tarifas de água potável em suas categorias de tarifas econômicas? Seria hoje viável ter uma estrutura tarifária e segui-la para definir preços para venda de água de reúso para usos urbanos?

Para responder a essa pergunta foram estimados os preços de venda, calculados pela equação 4, descrita por M. Molinos – Selante et al (2013), cujos resultados estão apresentados na TABELA 31

Tabela 31 – Comparativo entre custos e preço de venda.

Estudo de caso	Tipo de tratamento	Finalidade do reúso	CUSTO FINAL R\$/m ³	SPW ¹³ R\$/m ³
1	Secundário com tratamento avançado UF	Industrial na planta da Braskem e irrigação no cinturão verde da fábrica	1,83	2,13
		Equilíbrio de vazão no Rio Pratagy para captação de água bruta da CASAL	1,40	1,61
2	Secundário com tratamento avançado UF	Industrial no Distrito Governador Luiz Cavalcante e no Shopping Pátio Benedito Bentes	1,84	7,12*
		Secundário com tratamento avançado UF	Recarga de aquífero no Vale do Reginaldo	0,64
3	Secundário com desinfecção de Hipoclorito de Sódio	Urbano para irrigar parques e jardins; Limpar tubulações de esgoto.	0,45	0,60

* - Este valor é encontrado para a vazão estimada de 360m³/h que equivale a 30% do volume anual produzido. Caso a vazão de venda fosse a correspondente aos 1.044 m³/h, o valor de venda cairia para R\$ 2,15/m³.

Fonte: Autor.

Para efeitos comparativos, a TABELA 32 resume alguns casos com os valores encontrados e utilizados nos estudos realizados no projeto de elaboração do Plano Nacional de Reúso de Águas (Ch2mHill, 2017).

Tabela 32 - Exemplos do plano nacional de reúso (2017).

CASO	TIPO DE REÚSO	CAPEX R\$	OPEX R\$	CUSTO Aprox. R\$/m ³	TARIFA (Faixa R\$/m ³)	VAZÃO m ³ /s
SANASA	RNP: Urbano/Ind.	22.200.000,00	600.000,00	1,2	2,38 - 3,57	0,049
SANASA	RPD (OR)	369.700.000,00	20.700.000,00	3,70 - 4,60	7,34 - 11,01	0,360
SANASA	RPD (Carvão ativado granular)	304.800.000,00	10.300.000,00	2,50 - 3,10	4,84 - 7,26	0,360
CAESB	RNP: Agrícola	5.300.000,00	200.000,00	0,7	1,32 - 1,98	0,042
COMPESA	RNP: Industrial	4.400.000,00	400.000,00	0,3	0,62 - 0,93	0,068

Fonte: Adaptada dos Produtos IV e V; Plano Nacional de Reúso (Ch2mHill, 2017).

Como visto, nos resultados apresentados, há alguns desafios a vencer para que se consiga ter o reconhecimento do reúso como fonte alternativa para suprir déficits hídricos, falta de água ou recuperação de qualidade de mananciais subterrâneos. A contribuição que se busca neste trabalho, é poder incentivar o desenvolvimento de um modelo tarifário que

¹³ SPW – Preço de venda sugerido. Mantida sigla em inglês em função da fórmula utilizada na Equação 04.

espelhe uma regra matemática e econômica capaz de ser padronizada para os usos desejados, tipos de sistemas implantados e categorias de usuários.

Este desafio pode ser visualizado também na TABELA 31, ao se verificar o chamado preço de venda e suas variações. Ele é influenciado por valores que são relevantes para a determinação da tarifa ou da estrutura tarifária. Por exemplo:

- Para o reúso a partir da ETE na área do emissário:

a) Reúso não potável: Com base no vazão adotada de 350 L/s se encontrou o volume anual de 10.950.000 m³;

b) Para este volume, custos e os investimentos estimados se encontra um valor mínimo de R\$ 2,13/m³.

- Para o reúso a partir da ETE da SANAMA:

a) Reúso potável indireto:

a.1 – Com as condições definidas nas premissas se projetou um volume de 9.145.440 m³/ano para uma vazão estimada em 290 L/s;

a.2 – Para os investimentos previstos e as condições operacionais propostas, se chegou a R\$ 1,61/m³.

b) Reúso não potável:

b.1 – Com base nas premissas definidas e demandas estimadas, se projetou um volume de 2.759.400 m³/ano para uma vazão estimada de 100 L/s;

b.2 – Os investimentos previstos, as condições operacionais e usos estimados conduzem a R\$ 7,12/m³.

- Para reúso a partir da ETE da SANEMA:

a) Reúso potável indireto:

a.1 – Neste caso as premissas definidas consideraram muito mais a disponibilidade da água de reúso que a demanda que não pode ser estimada, bem como a forma de aplicação do RPI, obtendo um volume de 4.911.732 m³/ano com vazão de 178 L/s;

a.2 – Com os investimentos estimados e custos obtidos se chegou ao valor de R\$ 0,90/m³.

b) Reúso não potável:

b.1 – Mesma consideração anterior quanto ao volume e vazão;

b.2 – Para os investimentos e custos previstos o valor calculado foi de R\$ 0,60/m³.

Apenas com este resultado onde se consegue um preço de custo e de venda, poderia se perguntar se é possível ter uma estrutura tarifária tal e qual se conhece para os serviços públicos, principalmente de saneamento?

Antes de avançar para a proposição de preços básicos em um estrutura tarifária, pode ser interessante destacar que a partir da TABELA 31, se constata que os fatores que influenciam no preço de venda, tem a ver com um processo como o que se propõe abaixo:

- Avaliação da necessidade de reúso: demandas e usos;
- Tipo de reúso a ser adotado;
- Tecnologia de tratamento para aplicação do tipo de reúso;
- Localização da ETE e sistema de reúso: distância e infraestrutura necessária para atender ao uso e demandas definidas;
- Volumes e vazões a produzir;
- CAPEX / OPEX.

Com base nos resultados encontrados para as três ETE estudadas e suas opções de reúso, se propôs uma estrutura tarifária com base na localização das ETE e no potencial de reúso dentro da distância de 15 km de raio adotada. A iniciativa de propor o reúso e ter uma estrutura tarifária, visa entre outras coisas:

1. Incentivar a economia de água doce;
2. Promover a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos a nível secundário, no mínimo;
3. Desenvolver o reúso para finalidades relacionadas a RPI e RNP;
4. Melhorar a eficiência da prestação dos serviços de abastecimento e de esgotamento sanitário;
5. Apresentar o reúso como fonte alternativa de água para auxiliar no equilíbrio de balanços hídricos;
6. Fornecer oportunidades de se desenvolverem mais estudos e pesquisas para implantação de sistemas de reúso de água para RPI e RNP.

Com já foi comentado, buscando-se praticidade e simplicidade na proposta, utilizando estudos anteriores e a conhecida estrutura tarifária da CASAL, está apresentada nas TABELAS 33, 34 e 35 uma estrutura tarifária para os três sistemas produtores consumidores identificados, com tarifa constituída de duas partes: uma fixa que deve corresponder a diferença entre os custos médios e marginais e outra variável, referente aos custos marginais estimados que dependem do modelo de reúso e finalidade a que se destina.

Vale ressaltar que como não há experiências relatadas de reúso em suas diversas formas em áreas urbanas para finalidade residencial por meio de rede pública, a proposta teve como foco o RNP e RPI, por considerar que há potencial em Maceió para aplicação em curto prazo, pelo menos de reúso industrial.

Desta maneira, foram obtidas três propostas de estruturas tarifárias a saber, conforme as TABELAS 33, 34 e 35.

a) Estrutura tarifária a partir da ETE da área do Emissário Submarino

A Tabela 33 apresenta a estrutura tarifária para a região sob influência da Unidade de disposição oceânica da CASAL – ETE Emissário Submarino.

Tabela 33 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE emissário.

RNP INDUSTRIAL				
PARTE FIXA		PARTE VARIÁVEL		VOLUME TRATADO NOMINAL (%)
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	
10,00	1,83	563.706,00	3,44	20,00
		845.559,00	2,29	30,00
		1.127.412,00	1,72	40,00
		1.409.265,00	1,38	50,00
RNP URBANO E AMBIENTAL				
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	
10,00	1,83	5.000,00	3,44	Para utilização por carros-pipa
		50.000,00	2,29	
		100.000,00	1,72	
		200.000,00	1,38	

Fonte: Autor.

Como se trata de uma proposição fundamentada em dados coletados por informações operacionais da CASAL, projeto de ETE e estimativas de uso, especificamente para esta TABELA 33, adotou-se para usos urbanos os mesmos valores variáveis, porém estimando volumes pequenos, que possam ser retirados por carros-pipa e com valores que possam ser pagos. Entendendo que estão acima do valor que recupera os custos, os valores para RNP urbano e ambiental seriam um incentivo.

b) Estrutura tarifaria a partir da ETE da SANAMA

A Tabela 34 apresenta a estrutura tarifária para a região sob influência da ETE SANAMA na região do Tabuleiro do Martins.

Tabela 34 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE SANAMA – Tabuleiro do Martins.

RPI REFORÇO RIO PRATAGY				
PARTE FIXA		PARTE VARIÁVEL		VOLUME TRATADO NOMINAL (%)
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	
10,00	1,40	152.424	8,05	20,00
		228.636	5,37	30,00
		304.848	4,02	40,00

		381.060	3,22	50,00
RNP URBANO E INDUSTRIAL				
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	
		152.424	10,74	20,00
10,00	1,84	228.636	7,16	30,00
		304.848	5,37	40,00
		381.060	4,30	50,00

Fonte: Autor

Esta TABELA 34 traz valores para RPI que podem indicar algum tipo de subsídio ou compensação e para RNP com os volumes estimados indicando variação de valor que poderá ser apenas aferido quando da operação do que está proposto. Há que se avaliar também aqui que como foi possível estimar volumes de consumo para RNP, pode-se adotar o mesmo critério de volume máximo mensal com base no volume nominal da ETE, já que as estruturas implantadas para atender as demandas foram dimensionadas para ambas as finalidades e para atender a padrões de qualidade.

c) Estrutura tarifária a partir da ETE da SANEMA

A Tabela 35 apresenta a estrutura tarifária para a região sob influência da ETE SANEMA na região do Bairro do Farol e adjacências.

Esta estrutura também, com base nos estudos realizados, sofre influência da indefinição quanto aos usos e suas formas de aplicação. Porém, é de se imaginar que mais uma vez se coloca à discussão uma proposição simplificada de cobrança para o reúso de águas, visando facilitar o planejamento, a gestão e a regulação de serviços públicos de saneamento básico. Tanto para o RPI quanto para RNP urbano, os volumes estão disponíveis na ETE e sua utilização não estabelece a forma de transporte e aplicação, devendo se acrescer a tarifa básica da estrutura, os estudos econômicos suplementares para cada situação de uso.

Tabela 35 – Estrutura tarifária conceitual proposta para região da ETE SANEMA – Farol e adjacências.

RPI RECARGA DE AQUÍFERO				
PARTE FIXA		PARTE VARIÁVEL		VOLUME TRATADO NOMINAL
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	(%)
10,00	0,64	93.557	3,94	20,00

		140.335	2,63	30,00
		187.114	1,97	40,00
		233.892	1,58	50,00
RNP URBANO				
Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	Vol. Máx. Mensal (m ³)	Valor R\$/m ³	
		93.557	2,61	20,00
		140.335	1,74	30,00
10,00	0,45	187.114	1,31	40,00
		233.892	1,04	50,00

Fonte: Autor

Para as TABELAS 33, 34 e 35 cabem alguns esclarecimentos:

a) Os percentuais do volume tratado nominal se referem a vazão máxima que pode ser destinada ao reúso, conforme premissas em 5.3, estabelecidos para o RNP e RPI visando incentivar a prática do reúso e foram escolhidos aleatoriamente com base em estimativas operacionais e técnicas tais como:

- Tipo de tratamento avançado proposto;
- Possibilidade de usos futuros dentro do raio de influência imaginado;
- Incentivo ao desenvolvimento de práticas de reúso;

O último valor percentual pode ser entendido como uma faixa, a partir da qual, qualquer volume seja cobrado pelo mesmo valor unitário. Entretanto, novamente pelas particularidades dos sistemas de reúso, é possível ter esta estrutura tarifária como referência e se calcular o valor da tarifa acima de vazões maiores que 50% da vazão nominal da ETE + UF.

b) O valor da tarifa variável tomou como base os volumes referentes as faixas definidas com base nos percentuais de uso, com exceção do caso visto na TABELA 33 para RNP urbano e ambiental;

c) Como lembrete, a estrutura tarifária da CASAL para a categoria industrial indica uma parte fixa até 10 m³/mês de R\$ 11,48/m³ e a variável de R\$ 20,97/m³ excedente. A água

bruta fornecida no interior custa R\$ 2,40/m³ até 10 m³/mês e R\$ 8,12/m³ excedente. O valor da água vendida a carro-pipa é de R\$ 10,22/m³;

d) O valor calculado para a tarifa variável é encontrado pela EQUAÇÃO 01 que se aproxima do valor de um custo marginal possível para os custos de investimentos, Operação e Manutenção – O&M, financeiros e ganhos. Com o critério adotado de percentual do volume da ETE, de fato o valor da tarifa variável para a BRASKEM isoladamente seria R\$ 2,13/m³, vide TABELA 31, entretanto, se pode entender que sendo uma estrutura tarifária para outros usuários futuros, o conceito adotado precisa ser validado após a entrada em operação do sistema, caso seja implantado conforme o projetado e estimado.

6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, talvez se tirasse a imediata conclusão de que não é possível ter uma estrutura tarifária para cobrança pela utilização de águas de reúso. Pelo menos, com o mesmo modelo adotado para serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, capaz de ser aplicada de forma ampla em uma cidade, Estado ou região.

Mesmo em regiões de escassez hídrica, desequilíbrio grave entre a oferta e a demanda ou de elevada necessidade de água para uso industrial, ainda pesa e tem impacto o fato de ter que se investir razoáveis valores em estruturas de transporte da água de reúso, além da operação e manutenção das estruturas. Isto claro, se já houver um sistema de esgotamento sanitário implantado, se não, haverá mais custos de investimentos.

No caso de Maceió, em que pese se possa considerar que em poucos anos haverá necessidade de ter fontes alternativas para suprir déficits de água doce, não se vislumbra a médio prazo, que a cidade possa ter uma rede paralela para distribuir água de reúso ou mesmo que possa ter condições para fazer maciço uso de RPI com injeção diretamente em adutoras ou Estações de Tratamento de Água – ETAs.

De acordo com os objetivos geral e específicos propostos, então chegou-se as seguintes conclusões:

- Que o objetivo geral foi alcançado, com a proposição de um modelo referencial de estrutura tarifária para reúso, considerando as ETEs da cidade de Maceió, conforme o estudo realizado e os usos sugeridos, obtendo-se valores compatíveis com as referências nacionais e internacionais conhecidas;

- Quanto aos objetivos específicos, se entende também que foram atingidos, na medida em que:

a) Foram identificadas ETEs com potencial para fornecer água de reúso e com boas localização para atendimento regionalizado;

b) Que foi possível obter custos de CAPEX e OPEX a partir das ETEs estudadas e dos sistemas propostos;

c) Que foi possível propor preços de venda da água de reúso para RNP e RPI;

d) Que as estruturas tarifárias encontradas podem servir como referência pra estudos futuros e planos municipais de saneamento.

Um tema tão complexo ainda e pouco conhecido no Brasil como o reúso de águas para quaisquer finalidades, não pode se restringir a geras conclusões que estejam tão somente conectadas aos objetivos do estudo. Entende-se que precisam ir além e se integrar a gestão das cidades e dos serviços de saneamento.

Assim, se permitiu na conclusão do estudo, fazer-se algumas avaliações e recomendações de caráter geral voltadas para questões administrativas, legais e ambientais, bem como outras de cunho estratégico quanto ao planejamento e a gestão de serviços de saneamento.

Uma avaliação geral, um tanto óbvia, é de que um sistema de reúso de águas a partir do efluente tratado de uma ETE esbarra de início em alguns pontos legais, econômicos e operacionais que levam a analisar cada caso separadamente e para atender a demandas específicas.

Avalia-se ainda, com base nesse estudo e comparando com outros analisados na literatura, que o reúso em áreas urbanas será facilitado se a estrutura de tratamento estiver a distâncias que viabilizem o transporte da água. Os três casos aqui estudados, fornecem subsídios que podem auxiliar outros estudos que podem simular tipos de tratamento, distâncias de transporte e faixas de consumo para definir tarifas que sirvam para RNP, RPI e até RPD.

A escala e o escopo dos sistemas de reúso tem certa complexidade, cuja relação com a gestão das cidades, os locais de produção e a utilização da água de reúso, fazem com que seja necessário não buscar fórmulas sofisticadas para definir como cobrar pela água de reúso para suas várias finalidades e sim, formas objetivas, com evidente base científica e legal. Entretanto, se conclui dos valores obtidos que a depender dos arranjos de financiamento para as estruturas que venham a ser obtidas, o reúso apresenta um potencial de aplicação bom, quando comparado com as tarifas da CASAL.

Apesar das questões levantadas ao longo dos resultados, a principal conclusão recomendada deste estudo, é que discutir os custos, as tarifas de venda e a aplicação, prática do reúso, contribui para melhorar o planejamento, a gestão e a regulação dos serviços de saneamento. Quando se pode regionalizar a produção e a venda desta água de reúso com uma estrutura tarifária de preços referenciais capazes de serem aperfeiçoados em função dos projetos, finalidades e tipos de usuários, parece ser mais simples definir valores de cobrança.

Estas conclusões gerais e estratégicas, permitem destacar algumas conclusões complementares:

- Quanto às ETEs analisadas:

a) A três ETEs projetadas para Maceió, poderão ser utilizadas como fontes de água de RNP – Reúso Não Potável e RPI – Reúso Potável Indireto, considerando os resultados obtidos;

b) Que os valores das tarifas propostas para reúso estão em geral competitivos em relação aos valores praticados pela CASAL para categorias industrial, residencial, comercial e bruta;

c) Que a ETE a ser construída pela SANAMA no Tabuleiro, no bairro Benedito Bentes poderá reforçar a vazão do rio Pratagy, contribuindo para equilibrar a produção para Maceió, nos períodos de estiagem, com água segura e garantida;

d) Que a ETE a ser construída pela SANEMA na bairro da Pitanguinha poderá gerar água de reúso para recarga do aquífero no Vale do Reginaldo, com água segura e garantida;

e) Que a prática do reúso nas três ETEs projetadas, considerando as vazões nominais de cada uma delas, representaria uma economia ou preservação potencial estimada máxima de água na distribuição da CASAL ou mananciais de até:

e.1 – ETE Disposição Oceânica (Emissário): 31.003.830 m³/ano ou 2.583.653 m³/mês o que equivale a 42,9% do VD – Volume Distribuído médio mensal para Maceió em 2016.

e.2 – ETE da SANAMA: 8.383.320 m³/ano ou 691.610 m³/mês o que equivale a 11,6% do VD – Volume Distribuído médio mensal para Maceió em 2016.

e.3 – ETE da SANEMA: 5.145.624 m³/ano ou 428.802 m³/mês o que equivale a 7,1% do VD – Volume Distribuído médio mensal para Maceió em 2016.

f) Na ocorrência de períodos de estiagem e riscos de racionamento, recorrer a utilização do RPI para reforço do sistema Pratygy poderia ser atrativo, considerando o custo de R\$ 1,40/m³. Há que se considerar que a aplicação deste sistema, poderia levar a reajustes de tarifas para os usuários, algo como uma bandeira vermelha do sistema elétrico. Outro ponto a se observar é que nesse estudo não avaliou como se pagaria pela utilização desta água de reúso.

- Quanto ao planejamento da gestão dos serviços de saneamento:

a) Que é necessário detalhar os projetos de tratamento das ETEs, o tratamento avançado e as demais estruturas de reservação e transporte da água de reúso para possibilitar o conhecimento do escopo a ser adotado na gestão dos serviços de fornecimento de água de reúso;

b) Que a proposição de uma estrutura referencial de preços para venda de água de reúso pode auxiliar na criação de instrumentos regulatórios locais para fiscalização, controle e monitoramento dos serviços;

c) Os futuros e potenciais usuários de águas de reúso nas áreas de abrangência das ETEs, podem usar a tabela referencial de tarifas para planejar e avaliar as possibilidades econômicas de viabilizar seus empreendimentos com reúso industrial, comparando com os custos da água da CASAL;

d) Que ao conhecer preços de referência para reúso em regiões de Maceió, a própria CASAL poderá adotar políticas estratégicas para direcionar maior quantidade de água para usuários da categoria residencial, melhorando o atendimento e seu faturamento;

e) Que a possibilidade de praticar o reúso a partir dos três grandes sistemas de Maceió, pode ser uma oportunidade para preservar mananciais de superfície e subterrâneos.

7. REFERÊNCIAS.

ABCON/SINDCON – Associação das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Saneamento. Tabela Referencial de Preços. 2017

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Módulo IV do curso de capacitação em regulação no saneamento. Projeto de Regulação do Setor de Saneamento. 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016 / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2016. 95 p. : il.

AUSTRALIAN WATER RECYCLING CENTRE OF EXCELLENCE; Economic viability of recycled water schemes; Marsden Jacob Associates, November 2013; ISBN 66 663 324 657; ACN 072 233 204.

AWWA – American Water Works Association / Water Reuse Committee. Water Reuse Rates and Charges, 2000 and 2007 Survey Results. June 2008.

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas. Relatório Operacional, 2017.

COASE, RONALD. The Marginal Cost Controversy. web.ntpu.edu.tw / <http://www.jstor.org> Novembro, 2006.

COSTA, Álvaro José Menezes da Costa. XII Encontro Técnico de Alto Nível - Reúso: Uma Alternativa Hídrica para o Nordeste Brasileiro (AIDIS, 2015).

COSTA, Álvaro José Menezes; XII Encontro Técnico de Alto Nível – Reúso: Palestra: Uma Alternativa Hídrica para o Nordeste Brasileiro (AIDIS, 2015).

COSTA, C. M. dos S. CONTROLE DA POLUIÇÃO DA ÁGUA EM MACEIÓ. Ciências exatas e tecnológicas | Maceió | v. 1 | n.1 | p. 41-50 | maio 2014 | periodicos.set.edu.br.

DJUKIC, M. Cost-benefit analysis of an infrastructure project and a cost-reflective tariff: A case study for investment in wastewater treatment plant in Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews 59 (2016), 1419–1425.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management Office of Water, Washington, D.C. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development Cincinnati, Ohio. EPA/600/R-12/618, September 2012.

FONTENELE, Raimundo Eduardo Silveira. DETERMINAÇÃO DAS TARIFAS FINANCEIRA E ECONÔMICA DO PROJETO DE REÚSO DE ÁGUA DO DISTRITO INDUSTRIAL DE FORTALEZA – CE. (2016)

GOODWIN. Applying the water safety plan to water reuse: towards a conceptual risk management framework. Environmental Science Water Research & Technology. Environ. Sci.: Water Res. This journal is © The Royal Society of Chemistry 2015 Technol., 2015, 1, 709–722 | 709.

GSINIMA Brasil. Estudo sobre ampliação do esgotamento sanitário de Maceió via modelos alternativos de gestão. SEINFRA/CASAL. Maio 2017.

GUIA PRÁTICO PARA ELABORAÇÃO DE DISSERTAÇÃO, TESE, MONOGRAFIA E PROJETO DE PESQUISA / Juliana Akie Takahashi, Neide Bombeiro Filet, Sonia Maria Gardim, Yuka Saheki. Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem. Biblioteca “Wanda de Aguiar Horta”. – São Paulo, 2017.

HARRIS-LOVET. Beyond User Acceptance: A Legitimacy Framework for Potable Water Reuse in California. *Environmental, Science and Technology*. DOI: 10.1021/acs.est.5b00504. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 7552–7561.

HESPANHOL, I. A New Paradigm for Water Resource Management. *Estudos Avançados* 22 (63), 2008. Translated by Anthony Doyle.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95.

INTERÁGUAS. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo No. 8074- BR – Banco Mundial. Consórcio CH2M Hill BV/CH2M HILL DO BRASIL. PRODUTO II – EXPERIÊNCIAS DE REÚSO (RP01A). Relatório técnico sobre o levantamento e descrição de experiências nacionais e internacionais relevantes sobre reuso de água. Dezembro, 2016.

INTERÁGUAS. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo No. 8074- BR – Banco Mundial. Consórcio CH2M Hill BV/CH2M HILL DO BRASIL. PRODUTO IV – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO (RP01C). Relatório técnico contendo o levantamento nacional referente às potencialidades de reuso de efluente sanitário tratado no Brasil assim como a discussão sobre as questões institucionais relacionadas ao reuso de efluente sanitário tratado no Brasil. Julho, 2017.

INTERÁGUAS. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo No. 8074- BR – Banco Mundial. Consórcio CH2M Hill BV/CH2M HILL DO BRASIL. PRODUTO V – MODELOS FINANCEIROS (RP02A). Relatório técnico contendo proposta de modelos de financiamento para projetos de reuso de efluente sanitário tratado. Julho, 2017.

JHANSI. Wastewater Treatment and Reuse: Sustainability Options. *The Journal of Sustainable Development*. Vol. 10, Iss. 1 (2013), Pp. 1 – 15.

KFOURI, Claire. Water Reuse Cost Benefit Analysis – The Morocco Example/Water Week 2009, Morocco, 2009.

LAUTZE, J.; STANDER, E.; DRECHSEL, P.; DA SILVA, A. K.; KERAITA, B. 2014. Global experiences in water reuse. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). 31p. (Resource Recovery and Reuse Series 4). doi: 10.5337/2014.209.

LEI ESTADUAL 6.787/2006. Dispõe sobre a consolidação dos procedimentos adotados quanto ao licenciamento ambiental, das infrações administrativas, e dá outras providências. Disponível em <http://www.ima.al.gov.br/legislacao/leis-estaduais/>. Acessado em 30 de novembro de 2017.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Livro: Reuso de água. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Editora Manole. 2003.

MOLINOS-SENANTE et al. Tariffs and Cost Recovery in Water Reuse. *Water Resource Management* (2013) 27:1797–1808.

OLIVEIRA, A. M. de. Modelagem de avanço da cunha salina em sistema costeiro.

Dissertação, mestrado em recursos hídricos e saneamento. UFAL – Universidade Federal de Alagoas. CTEC – Centro de Tecnologia. PPGRHS - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2016.

PEDROSA, V. de A. **TARIFAS NAS EMPRESAS DE SANEAMENTO**, Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia.(2001)

PERH - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE ALAGOAS** Consórcio IBI/ENGESOFT. Relatório Síntese, Volume 1, 340 p. Fortaleza, Ceará, 2010.

PERH - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE ALAGOAS** Consórcio IBI/ENGESOFT. Relatório Técnico RT-03 - Gestão Institucional da Água, Volume 1, 211 p. Fortaleza, Ceará, 2010.

PERH - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE ALAGOAS** Consórcio IBI/ENGESOFT. Relatório Técnico RT-04 – Planejamento, Programas e Projetos, Volume 1, 533 p. Fortaleza, Ceará, 2010.

PERH - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE ALAGOAS** Consórcio IBI/ENGESOFT. Relatório Técnico RT-04 – Planejamento, Programas e Projetos, Volume 2, 182 p. Fortaleza, Ceará, 2010.

PMSB – **Plano Municipal de Saneamento de Maceió. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO E DE SEUS IMPACTOS NAS CONDIÇÕES DE VIDA DA POPULAÇÃO. PRODUTO 2.4 - SITUAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL.** Prefeitura Municipal de Maceió. MJ Engenharia . Revisão 3 - Junho/2016.

PMSB – **Plano Municipal de Saneamento de Maceió. PROGNÓSTICOS E ALTERNATIVAS PARA A UNIVERSALIZAÇÃO, CONDICIONANTES, DIRETRIZES, OBJETIVOS E METAS. PRODUTO 3.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL.** Revisão 02 - Setembro/2016. Prefeitura Municipal de Maceió. MJ Engenharia.

PROJETO DE REGULAÇÃO NO SETOR DE ÁGUA E SANEAMENTO. 2017. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES; Equipe Técnica da ABES: Álvaro José Menezes da Costa; Dante Ragazzi Pauli; Marisa de Oliveira Guimarães; Elaboração do conteúdo Técnico: SIGLASUL – Consultores em Regulação.

PROSAB – **Programa de Pesquisas em Saneamento Básico; Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários;** Lurdinha Florêncio et al; ABES (2006); ISBN 85-7022-152-5

SEPLAG – **SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, GESTÃO E PATRIMÔNIO DE ALAGOAS;** Mapa das Regiões hidrográficas de Alagoas, 2017.

SNIS - **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p. : il.

THOMAZ, Rodrigo Alan. **Demanda de energia elétrica no Brasil: 1995-2015.** Dissertação de mestrado; Universidade Federal do Paraná.(2017).

TORJADA, C. **The Singapore water story : sustainable development in an urban city state.** Routledge, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN. 2013.

TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS/Lurdinha Florêncio, Rafael Kopschitz Xavier, Miguel Mansur Aisse (coordenador). Rio de Janeiro, ABES 2006. 427 p.; PROJETO PROSAB; ISBN: 85-7022-152-5; ISBN: 578-85-7022-152-0.

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO.

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization/IHP – International Hydrological Program. Water Availability in 2020; 2000.

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. London School of Hygiene & Tropical Medicine, UK-WEDC, Loughborough University, UK. June 2000.

USO SEGURO DEL AGUA PARA EL REÚSO. Editores: Dra. Pilar Tello Espinoza; Dra. Petia Mijailova; Dr. Rolando Chamy. Capítulo 14: Planificación estratégica y costos en el reúso seguro del agua, COSTA, Álvaro. (2016). UNESCO/AIDIS.

VERIATO, M. K. L. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. *Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)*, VOL. 10. , Nº 5 (ESPECIAL), p. 17 - 22, Dez., 2015.

WATER FOR A SUSTAINABLE WORLD, The United Nations World Water Development Report 2015; Published in 2015 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France © UNESCO 2015; This report is published by UNESCO on behalf of UN-Water. The list of UN-Water Members and Partners can be found on the following website: <http://www.unwater.org>.

WILCOX, J. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. *Sustainable Cities and Society* journal homepage: www.elsevier.com/locate/scs. 2016.