



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TIAGO BARBOSA PESSOA DOS SANTOS

**VIABILIDADE DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM NÍVEL TERCIÁRIO**

NATAL-RN

2020

TIAGO BARBOSA PESSOA DOS SANTOS

**VIABILIDADE DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM NÍVEL TERCIÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha

Natal/RN
2020

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Santos, Tiago Barbosa Pessoa dos.

Viabilidade de reuso urbano não potável dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto a nível terciário / Tiago Barbosa Pessoa dos Santos. - 2020.

67f.: il.

Dissertação (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Natal, 2020.

Orientador: Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha.

1. Reuso de água - Dissertação. 2. Água tratada - Dissertação. 3. Caminhão pipa - Dissertação. 4. Irrigação automatizada - Dissertação. 5. Retorno Financeiro - Dissertação. I. Cunha, Paulo Eduardo Vieira. II. Título.

Tiago Barbosa Pessoa dos Santos

VIABILIDADE DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL DOS EFLUENTES DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM NÍVEL TERCIÁRIO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à coordenação do curso de
Engenharia Ambiental da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em: 10 / 12 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha - Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Diego Souza de Oliveira - Membro interno
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Carlos Eduardo Nascimento da Rocha - Membro interno
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Natal/RN
2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter a oportunidade de estar finalizando um curso que fez eu abrir minha visão sobre o que é ser um engenheiro e hoje me sentir orgulhoso pelo aprendizado que obtive.

Ao meu pai João Paulo Pessoa por ser meu grande incentivador e companheiro, que esteve ao meu lado independente das escolhas que fiz até chegar aqui, sempre me proporcionando sua atenção, conhecimento e proventos para que eu pudesse me tornar o melhor engenheiro possível.

A minha mãe Rosana Barbosa que sempre acreditou em mim mesmo nos momentos mais rebeldes da minha juventude, sempre ao meu lado com muito amor e carinho para que eu me sentisse seguro e certo do que eu almejo em minha vida.

Ao meu irmão Breno Santos, que é o meu fiel escudeiro, um garoto de ouro que amo bastante e que tenho a felicidade de saber que de alguma forma sirvo de espelho para que ele busque a formação superior e que consiga atingir todos seus objetivos futuros.

A minha avó Julia Barbosa, que é uma fonte de inspiração pra mim, é a prova viva que a felicidade está em si não importa o que aconteça. Obrigado por ser uma segunda mãe pra mim e estar presente em todos os momentos importantes da minha vida.

A minha namorada Carolina Aquino, minha morena que esteve sempre comigo me ajudando e me incentivando mesmo nos momentos mais difíceis do curso, onde pensava em desistir, mas olhava para ela e sua determinação e isso fazia com que eu continuasse e ganhasse força.

A todos os meus familiares do Rio de Janeiro, que mesmo com a distância sempre estiveram presentes na minha vida e só de saber que eu podia contar com vocês já era algo muito confortante.

Aos meus amigos tanto os da UFRN quanto os restantes que foram uma fonte de energia, felicidade, suspiro e meditação para minha cabeça e meu coração nesse tempo em que estive em meio a frustrações e desafios na faculdade.

A toda família da minha namorada que sempre me proporcionou a melhor sensação de aconchego e de carinho, sempre me senti em casa ao lado de todos vocês e isso foi de extrema importância pra mim.

A todos meus colegas do curso de engenharia ambiental, mais precisamente Luiz Henrique, Ana Percília, Luiza Dantas e Ana Julia, que foram pessoas que me ajudaram imensamente e viveram junto a mim todo o processo.

A instituição Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por me proporcionar tudo o suporte para que eu conseguisse me desenvolver e aprender.

A todo o corpo docente do curso de engenharia ambiental, por toda atenção e dedicação, fazendo com que eu pudesse absorver da melhor forma possível todo o conteúdo proposto.

Ao meu orientador Paulo Eduardo Cunha, pela oportunidade de estar fazendo esse trabalho final com você e por toda a paciência e auxílio em todas as partes do meu TCC.

RESUMO

O reúso de efluentes para fins urbanos a alguns anos é uma realidade em muitos países e tem grande potencial de se consolidar no Brasil, sobretudo nos grandes centros urbanos, nos quais é cada vez mais difícil suprir a crescente demanda de água. Esta modalidade de reúso é considerada uma excelente alternativa, uma vez que substituiu a água potável para fins urbanos tais como a irrigação dos canteiros, praças, campos, quadras e feiras livres. Com essa substituição além da economia de água potável (preservada para usos mais nobres como abastecimento doméstico), a redução da vazão de água residuária despejada em outros corpos hídricos e por conseguinte minimização da poluição dos mananciais. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade de implementação de sistema de reúso urbano não potável dos efluentes a serem gerados na Estação de Tratamento de Esgotos do Jaguaribe (atualmente em implantação) nos bairros da zona norte de Natal. Para tanto foi avaliado todo o processo de confirmação dos parâmetros e de segurança necessária para que essa prática estivesse de acordo com a melhor legislação proposta pelas cidades do Brasil, visto que ainda não há leis nacionais e nem em nosso estado que regulamentem os parâmetros a serem adotados para essa atividade. Por fim, fez-se necessário a avaliação de todos os custos para se ter uma visão e aferir se os sistemas propostos eram viáveis ou não, obtendo valores próximos a R\$ 450.000 de economia com relação a mesma utilização de água de mananciais, além de um volume na escala de 63.000 m³, onde em menos de 1 ano os custos de implantação já teriam seu retorno financeiro.

Palavras-chave: reúso de água; água tratada; caminhão-pipa; irrigação automatizada; retorno financeiro

ABSTRACT

The reuse of effluents for urban purposes for some years is a reality in many countries and has great potential to consolidate in Brazil, especially in large urban centers, in which it is increasingly difficult to meet the growing demand for water. This type of reuse is considered an excellent alternative, since it replaced drinking water for urban purposes, such as irrigation of flowerbeds, squares, fields, courts and open markets. With this substitution, besides saving potable water (preserved for more noble uses such as domestic supply), reducing the flow of waste water discharged into other water bodies and consequently minimizing the pollution of water sources. Thus, the main objective of this work is to evaluate the feasibility of implementing a non-potable urban reuse system for the effluents to be generated at the Jaguaribe Sewage Treatment Station (currently under implementation) in the northern districts of Natal. To this end, the entire process of confirming the parameters and the necessary safety was evaluated so that this practice was in accordance with the best legislation proposed by the cities of Brazil, since there are still no national laws or even in our state that regulate the parameters to be adopted for this activity. Finally, it was necessary to evaluate all costs in order to have a vision and assess whether the proposed systems were viable or not, obtaining values close to R \$ 450,000 in savings with respect to the same use of water from springs, in addition to of a volume on the scale of 63,000 m³, where in less than 1 year the costs of implementation would already have their financial return.

Keywords: water reuse; potable water; water truck; automated irrigation; financial return;

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Imagem da Região Administrativa Norte e disposição de seus bairros.....	18
Figura 02 - Imagem feita por drone da ETE do Jaguaribe.....	19
Figura 03 - Masterplan da ETE de Jaguaribe.....	20
Figura 04 - Imagem satélite com demarcações no bairro de Potengi.....	31
Figura 05 - Imagem satélite com demarcações no bairro de Potengi.....	31
Figura 06 - Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Pajuçara.....	34
Figura 07 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Pajuçara....	35
Figura 08 - Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Potengi.....	38
Figura 09 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Potengi.....	39
Figura 10 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro da Redinha.....	42
Figura 11 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Redinha.....	43
Figura 12 - Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Igapó.....	45
Figura 13 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Igapó.....	46
Figura 14 - Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Lagoa Azul.....	48
Figura 15 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Lagoa Azul...	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação.....	10
Quadro 02 - Fases de tratamento projetado para a ETE Jaguaribe.....	21
Quadro 03 - Feiras livres cadastradas na zona norte de Natal.....	25
Quadro 04 - Lista de preços de EPI.....	29
Quadro 05 - Lista de preços de equipamentos para irrigação autônoma.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Critérios de qualidade da água de reúso em no âmbito internacional.....	11
Tabela 02 - Normas, legislações e critérios de qualidade para reúso de água para fins não potáveis.....	12
Tabela 03 - Status da recuperação e reutilização de águas residuais no Japão.....	14
Tabela 04 - Abastecimento de Água da Região Administrativa Norte.....	16
Tabela 05 - Quantitativo de áreas verdes na zona norte de Natal.....	22
Tabela 06 - Quantitativo de feiras livres na zona norte de Natal.....	23
Tabela 07 - Parâmetros da Legislação adotada para a proposta.....	24
Tabela 08 - Custo diário para trajeto do bairro de Pajuçara.....	36
Tabela 09 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Pajuçara..	36
Tabela 10 - Custo diário para trajeto do bairro de Potengi.....	40
Tabela 11 - Quantitativo mensal / anual do sistema autônomo de Potengi.....	40
Tabela 12 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Potengi...	41
Tabela 13 - Custo diário para trajeto do bairro da Redinha.....	44
Tabela 14 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro Redinha.....	44
Tabela 15 - Custo diário para trajeto do bairro da Igapó.....	47
Tabela 16 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Igapó.....	47
Tabela 17 - Custo diário para trajeto do bairro de Potengi.....	50
Tabela 18 - Quantitativo mensal / anual do sistema autônomo de Lagoa Azul...	51
Tabela 19 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Lagoa Azul.....	52
Tabela 20 - Projeção geral dos custos e respectivos retornos.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo geral	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. Reúso da água.....	8
3.2. Tipos de reúso	8
3.3. Legislação.....	9
3.4. Reúso no âmbito internacional.....	13
3.5. Reúso urbano não potável	15
4. METODOLOGIA.....	16
4.1. Área de estudo.....	16
4.1.1 Zona norte de Natal.....	16
4.1.2 Estação de Jaguaribe.....	18
4.2. Escolhas das modalidades de reúso.....	22
4.3. Legislação adotada para a proposta de reúso	23
4.4. Sistemas de irrigação.....	24
4.4.1. Irrigação pelo método de caminhão pipa	24
4.4.2. Irrigação por caminhão pipa junto ao sistema autônomo	25
4.5. Balanço econômico dos sistemas	26
4.5.1. Custo do caminhão pipa e combustível.....	26
4.5.2. Custo da mão de obra	27
4.5.3. Custo de EPI (equipamento de proteção individual)	28
4.5.4. Custo do sistema de irrigação autônomo	29
4.6. Estimativa de área e definição das ruas	30
4.7. Volume de água aplicada.....	32

5. RESULTADOS	33
5.1 Sistema de Pajuçara	33
5.2 Sistema de Potengi	37
5.3 Sistema de Redinha	41
5.4 Sistema de Igapó	45
5.5 Sistema de Lagoa Azul	48
5.6 Projeção Geral	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

Todos os dias, utilizamos um bem de extrema importância para a subsistência humana e de toda a natureza, a água, que com o passar dos anos observa-se uma crescente no número de pessoas que consomem essa riqueza de forma excessiva, inclusive indústrias que utilizam grandes quantidades de água, que muitas vezes não são reutilizadas no processo produtivo. Essa água que foi utilizada e não se encontra mais em padrões para o uso humano ou industrial, é classificada de residuária, de acordo com a resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Em virtude da importância desse recurso para a sociedade, bem como do alto consumo, o reúso se torna uma maneira de reduzir a alta demanda de água potável, fazendo com que as fontes hídricas tenham mais flexibilidade para dispor água a todos os fins, principalmente os nobres. Além disso, essa atividade irá corroborar para a diminuição de lançamento de água residual nos corpos receptores. Para a realização do reúso como uma medida mitigadora, destaca-se o ciclo urbano da água nas cidades, o qual é influenciado pelas atividades humanas, partindo da etapa de captação, seguida do tratamento, distribuição e consumo da água; coleta, transporte, tratamento do esgoto e destinação em um corpo hídrico.

Nos últimos anos, várias regiões do nordeste passaram por seguidos períodos de escassez de chuvas e conseqüente redução do nível dos reservatórios. Além disso, o crescimento populacional das cidades faz com que haja cada vez mais demanda por água, para os seus diversos usos, sejam eles doméstico, paisagístico ou industrial. Nesse sentido, RODRIGUES (2005, p. 16) relata que “A água de reúso pode ser considerada como um recurso hídrico complementar, a ser utilizado em algumas aplicações.” Além da quantidade, outro ponto relevante é a qualidade. Independente dos critérios de potabilidade exigidos para cada uso, a água utilizada é a mesma, vem da distribuição urbana, com alto padrão e, por vezes, é usada para lavagem de ruas ou adequação paisagística. Em vista disso, para retomar a estabilidade entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é

fundamental que métodos e novos sistemas alternativos sejam comumente elaborados e aplicados em função da nossa sociedade.

Em todo o mundo, o reúso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs vêm sendo adotado com intuito de minimizar os impactos de eventos severos de estresse hídrico. Países da região do mediterrâneo, do oriente médio, da Oceania e da América Central enfrentam graves problemas de abastecimento público, e o reúso de efluentes para fins menos nobres – ou até mesmo para uso potável – nessas regiões é adotado para aumentar a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas (SILVA, 2016). No Brasil, já se adota o reúso para fins menos nobres de efluentes secundários clorados, atendendo diretrizes determinados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

Há mais de uma década atrás o reúso já era visto como potencial solução pra grandes problemáticas no Brasil, mas com a falta de regulamentação nacional a dificuldade da prática dessa atividade era intensificada. Segundo Bastos (2008), as recomendações dadas pela OMS e PROSAB são as principais diretrizes de reúso de efluentes utilizadas no país, visto que no território nacional ainda não é possível contar com um aspecto legal federal que aborde parâmetros de qualidade de água para os diversos fins de reuso.

Um ponto a ser considerado, no caso da cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte (RN) é que desde 2015 estão em execução as obras de ampliação do sistema de esgotamento sanitário, as quais contemplam a implementação de duas novas Estações de Tratamento de Esgotos ETE Jaguaribe, na zona norte da cidade e a do Jundiáí/Guarapes, na zona oeste, com vazões de fim de plano de 840 L/s e 1.050 L/s, respectivamente. Esse esgoto tratado tem a possibilidade de ser reutilizado nos serviços que hoje são realizados com água potável distribuída pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Dessa forma, devido à grande disposição de vários pontos na cidade de Natal como feiras livres, praças, campos, quadras e canteiros de ruas que recebem água tratada com fins de irrigação ou lavagem, o presente trabalho visa

analisar a viabilidade do reúso de água tratada para suprir essas necessidades, se tornando uma alternativa ao uso de água potável, objetivando um processo de maior sustentabilidade em fins considerados menos nobres, melhorando assim a gestão dos recursos hídricos da cidade de Natal.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade de reúso urbano não potável dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto em nível terciário na zona norte de Natal / RN.

2.2. Objetivos específicos

- Selecionar os possíveis usos do efluente tratado na referida ETE;
- Calcular o volume de água de reúso necessário para atender a essas atividades;
- Definir o sistema de irrigação e estimar os custos operacionais como transporte e distribuição do efluente tratado para as finalidades escolhidas;
- Analisar estes custos com a situação atual, ou seja, através do fornecimento de água potável pelo Prestador do Serviço.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Reúso da água

O reúso de água consiste no reaproveitamento de determinada água que foi insumo ao desenvolvimento de uma atividade humana. Este reaproveitamento ocorre mediante tratamento da água residuária gerada em determinada atividade em água de reúso.

Segundo Lavrador Filho (1987), o reúso de água se dá pelo aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original.

O reúso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos potáveis para o abastecimento público, reduz os custos associados à poluição, contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública, além ser instrumento eficaz de logística para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais (LUCENA, 2018).

3.2. Tipos de reúso

O reúso de água pode acontecer de forma direta ou indireta, podendo ser planejada ou não (NUVOLARI, 2003). O reúso indireto ocorre quando a água já usada para uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. O reúso direto, por sua vez, refere-se ao uso planejado e deliberado de esgotos tratados que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso, tais como irrigação, industrial e recarga artificial de aquífero (BREGA FILHO; MANCUSO, 2003). O reúso controlado de água é aplicado em função da qualidade do efluente e da finalidade do uso, da vazão da ETE e do entendimento e esforço conjunto das secretarias municipais e estaduais com as companhias de saneamento (CAIXETA, 2010).

Há inúmeras definições de reúso por parte dos estudiosos e pessoas relacionadas a área, mas a classificação que mais ganhou notoriedade se deu no ano de 1973 após publicação pela *World Health Organization* (WHO), do guia "*Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and public health*

safeguards”, no qual foi estabelecida as três possibilidades de reúso já citada e tiveram a seguinte definição:

- Reúso indireto: ocorre quando as águas já usadas, uma ou mais vezes no uso doméstico ou industrial, são descarregadas nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas novamente à jusante, de forma diluída;
- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades, como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável.
- Reciclagem: é o reúso de água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição (WHO, 1973).

3.3. Legislação

No Brasil, a Resolução nº. 430/11 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d'água do Brasil, porém a mesma não faz menção ao reúso.

Devido à falta de uma legislação federal especificando os padrões a serem adotados para a prática do reúso – temos no Brasil apenas diretrizes dadas pela resolução nº 54 do CNRH – a qual determina que cabe às instituições de níveis estaduais e municipais conceber as normativas cabíveis para o exercício do reúso como prática sustentável e eficiente para a gestão dos recursos hídricos.

Mesmo não havendo uma legislação brasileira específica sobre o reúso e suas vertentes, há leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação que regem o reúso de águas residuárias, onde pode ser visto no quadro 01.

Quadro 01 - Leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação.

Cidade de São Paulo	Lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002	Dispões sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.
Cidade de São Paulo	Decreto nº 44.128, de 19 de Novembro de 2003	Regulamenta a utilização, pela prefeitura do município de São Paulo, de água de reúso, não potável, a que se refere a lei nº 13.309, de 31 de Janeiro de 2002.
Cidade de São Paulo	Lei nº 12.526, de 02 de Janeiro de 2007	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.
Estado de São Paulo	Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003	Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.
Curitiba	Lei nº 10.785, de 18 de Setembro de 2003	Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações-PURAE.
Cidade do Rio de Janeiro	Decreto nº 23.940, de 30 de Janeiro de 2004	Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
Espírito Santo	Lei nº 9.439, de 04 de Maio de 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.
Espírito Santo	Emenda Constitucional nº 107, de 13 de Março de 2017	Altera os arts. 192, 258 e 262 da Constituição Estadual, incluindo planos de reúso e reúso de águas dos recursos hídricos respectivamente.
Pernambuco	Lei nº 14.572, de 27 de Dezembro de 2011	Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências.
Pernambuco	Lei nº 15.630, de 29 de Outubro de 2015	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
Cidade de Caicó/RN	Lei nº 4.603, de 23 de Agosto de 2013	Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes modalidades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências.
Ceará	Lei nº 16.033, de 20 de Junho de 2016	Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará.

Fonte: Alípio (2019)

As diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA) são as grandes norteadoras para a determinação dos critérios de qualidade da água de reúso nos países nos quais tal prática é difundida. No entanto, existem, entre estas, algumas divergências a respeito do quão restritivo esses critérios devem ser de

acordo com os usos pretendidos (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006), sendo estes:

- Irrestrito: irrigação (campos de esportes, parques, jardins e cemitérios, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e pavimentos, descarga de toaletes (algumas regulações consideram este uso como uma categoria a parte), e outros usos com exposição similar,
- Restrito: 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 e usos na construção, desobstrução de galerias de água pluvial e combate à incêndios.
- Residencial: principalmente descarga de banheiros.

Algumas instituições e grupos de pesquisa propõe alguns critérios de qualidade de água para reúso urbano, como o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), a NBR 13.969/97 e dentre outras resoluções já estabelecidas em nosso país, nas quais as águas de reúso são classificadas segundo seus usos preponderantes.

As Tabelas 01 e 02 relacionam esses critérios de acordo com usos de exposição semelhantes pelo mundo e nacionalmente.

Tabela 01: Critérios de qualidade da água de reúso em no âmbito internacional

Parâmetros		CTer				pH	Ovos hel m./L	Óleos graxas (mg/L)	Cloro Res. (mg/L)	Cor (uC)
		DBO (mg/L)	SST (mg/L)	(NMP/ 100mL)	Turb. (UT)					
Espanha	Irrestrito		≤ 20	≤ 200	≤ 10		≤ 0,1			
Portugal	Contato direto	≤ 20	≤ 20	≤ 240	≤ 1		< 15			
México	Irrestrito	≤ 10	≤ 20	ND	≤ 2	6,0 – 9,0		> 0,1/ 0,3		

Japão	Recreativo			ND	≤ 2							> 0,1/ 0,4	≤ 10
Grécia	Irrestrito	≤ 15	≤ 15	≤ 100	≤ 1			≤ 1					
Chipre	Irrestrito	≤ 15	≤ 10	≤ 100				AU					
Israel	Irrestrito	≤ 15	≤ 10	≤ 12- 2,2				≤ 1					
Arábia Saudita	Irrestrito	≤ 10	≤ 10	≤ 2,2				6 – 8,4					
Mediterrâneo	Irrestrito		≤ 10	≤ 200									
Austrália	Irrestrito		≤ 30	≤ 10	< 5	6,5 – 8,5						0,2 – 2,0	
USA	Irrestrito		-	ND	≤ 2	6,0 – 9,0		≤ 1				≥ 1,0	
OMS												≤ 1	

Tabela 02: Normas, legislações e critérios de qualidade para reúso de água para fins não potáveis

Legislação	Tipo de reúso não potável	Turbidez (UNT)	pH	Condutividade elétrica (dS.m-1)	Cor (UH)	Cloro Residual (mg.L-1)	Coliformes Termotolerantes (UFC. 100mL-1)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L-1)	Sólidos Suspensos Totais (mg. IN)	Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)	Ovos de helmintos (Ovo.L-1)	DB05.20 (mg.L-1)
EPA - EUA (Guidelines for water reuse)	Urbano (sem restrições)	≤ 2	6,0 a 9,0	-	-	1	Não detectado	-	-	-	-	≤ 10
	Urbano (com restrições)	-	6,0 a 9,0	-	-	1	≤ 200	-	≤ 30	-	-	≤ 30
	Industrial	-	6,0 a 9,0	-	-	1	≤ 200	-	-	-	-	≤ 30
	Agrícola (culturas alimentares)	≤ 2	6,0 a 9,0	-	-	1	Não detectado	-	-	-	-	≤ 10
	Agrícola (culturas não alimentares)	-	6,0 a 9,0	-	-	1	≤ 200	-	≤ 30	-	-	≤ 30
NBR 13969/1997	Urbano com contato direto	< 5	6,0 a 8,0	-	-	0,5 a 1,5	≤ 200	< 200	-	-	-	-
	Urbano sem contato direto	< 5	-	-	-	> 0,5	≤ 500	-	-	-	-	-
	Descarga de bacias sanitárias	< 10	-	-	-	-	< 500	-	-	-	-	-
	Agrícola (culturas não alimentares)	-	-	-	-	-	< 5000	-	-	> 2,0	-	-
PROSAB	Urbano (sem restrições)	≤ 2	6,0 a 9,0	-	-	≥ 1	≤ 200	-	-	-	-	≤ 10
	Urbano (com restrições)	-	6,0 a 9,0	-	-	> 1	< 10000*	-	-	-	-	≤ 30
	Industrial**	-	6,0 a 9,0	-	-	≥ 1	≤ 200	-	≤ 30	-	-	≤ 30
	Agrícola (culturas cruas)	≤ 2	6,0 a 9,0	-	-	≥ 1	≤ 1000***	-	-	-	-	≤ 1
	Agrícola (demais culturas)	-	6,0 a 9,0	-	-	≥ 1	≤ 10000	-	-	-	-	≤ 1
Resolução conjunta nº 1/2017 - SP	Urbano (restrição moderada)	≤ 2	6,0 a 9,0	< 0,7	-	< 1	Não detectado	< 450	-	-	< 1	≤ 10
	Urbano (restrição severa)	-	6,0 a 9,0	< 3	-	< 1	< 200	< 2000	≤ 30	-	< 1	≤ 30
Resolução COEMA nº 2/2017 - CE	Urbano	-	6,0 a 8,5	≤ 3	-	-	< 5000****	-	-	-	≤ 1	-
	Agrícola	-	6,0 a 8,5	≤ 3	-	-	Não detectado	-	-	-	ND	-
	Agrícola (demais culturas)	-	6,0 a 8,5	≤ 3	-	-	≤ 1000	-	-	-	≤ 1	-
Lei nº 2.856/2011 Niterói-RJ	Não faz distinção	< 5	6,0 a 9,0	-	≤ 15	0,5 a 2	Ausente	< 200	-	> 2,0	-	-
Lei nº 4.593/2013 Caicó-RN	Urbano (sem restrições)	-	6,5 a 8,4	0,5 a 3,0	-	-	≤ 200	-	≤ 30	-	≤ 1	≤ 30
	Urbano (com restrições)	-	6,0 a 9,0	0,5 a 3,0	-	-	≤ 200	-	≤ 30	-	≤ 1	≤ 30
	Irrigação (sem restrições)	-	6,5 a 8,4	0,5 a 3,0	-	-	≤ 1000	-	-	-	≤ 1	-
EPA, PROSAB e NBR 13969/1997	Não faz descrição	< 5	6,0 a 9,0	-	≤ 15	0,5 a	Ausente	< 200	-	> 2,0	-	-

* Para uso predial, como descarga de bacias sanitárias: ≤ 1000 UFC.100mL⁻¹

** Usos industriais específicos podem requerer tratamento terciário adicional para a prevenção de corrosão e incrustação, formação de biofilmes e formação de espumas.

*** No caso de irrigação por gotejamento: ≤ 10000 UFC.100mL⁻¹

**** Para irrigação paisagística: ≤ 1000 UFC.100mL⁻¹

Fonte: Adaptado de Fernandes (2017)

É notório que os critérios nacionais são menos restritivos que os internacionais, principalmente no âmbito das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST), turbidez e Coliformes, termotolerantes (CTer), isso se dá pelo fato que países em desenvolvimento apresentam maiores dificuldades financeiras e até mesmo organizacional para proporcionar uma rigidez elevada com relação aos países desenvolvidos. Como a atividade de reúso já é pouco explorada em nosso país, seria um empecilho a mais exigências a nível internacional, fazendo com que a prática fosse descartada por parte das empresas no Brasil.

3.4. Reúso no âmbito internacional

Na bacia hídrica de Seguram situada na Espanha, existe um grande déficit hídrico e por isso o reúso de águas na agricultura tem grande importância, já que garante uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos. Na Espanha no ano de 2010 já eram utilizados 346 hm³/ano de água de reúso, sendo concentradas principalmente na costa do Mediterrâneo. As ilhas Valência, Múrcia, Canárias e Baleares chegaram a concentrar 80% do reúso de esgoto tratado de toda a Espanha (PEDRERO, ALARCÓN, KOUKOULAKIS, 2010).

Em muitos países da região do Mediterrâneo, caracterizados por frequentes períodos de seca, a produção agrícola ocorre com déficit de água ou em condições que causam o esgotamento dos recursos hídricos existentes. Nestas áreas, a reutilização de águas residuárias recuperadas para irrigação de culturas é uma alternativa que contribui para mitigar ou diminuir a escassez hídrica, apoiar o setor agrícola e proteger as águas subterrâneas (LIBUTTI, 2018).

No Japão, segundo Ogoshi, Suzuki e Asano (2001) um conjunto de políticas de gestão de recursos hídricos aplicadas pelos governos locais têm sido contemplado na maioria dos projetos planejados de recuperação e reutilização de águas residuárias, que muitas vezes são subsidiados pelo financiamento do Ministério da Construção. Por exemplo, nos períodos de expansão industrial na década de 1960, o Governo Metropolitano de Tóquio aplicou a água industrial por meio de águas residuárias para evitar a extração excessiva de águas subterrâneas em áreas costeiras da Baía de Tóquio.

Em outras cidades, a recuperação de águas residuais foi promovida como uma imagem positiva resultante da proteção ambiental fornecida pela construção de instalações de tratamento de esgoto e águas residuárias, na tabela 03, são apresentadas as formas de reuso de água no Japão.

Tabela 03: Status da recuperação e reutilização de águas residuais no Japão

Categorias de Reúso	Número de implantações	Volume de reúso 1000 m ³ /ano	Exemplos de implementação		
			Cidade	Vazão m ³ /dia	Aplicações
Lavagem de banheiro	12	1.899	Ochiai / Tokyo	2.880	Complexos de altos edifícios
Água de limpeza	21	6.249	Shibaura / Tokyo	388	Trêns expressos
Água industrial	3	17.946	Sennen / Nagoya	19.050	Cidade de Nagoya
Água para resfriamento	19	7.740	Kogosaki / Kita-Kyushu	723	Gararem incineradora
Água de diluição	16	16.837	Nishiura / Funabashi	4.852	Estação de tratamento de solo
Irrigação para aguicultura	7	12.789	Rendaiji / Kumamoto	23.622	Distrito de irrigação
Água para fins ambientais	20	32.927	Tamagawajoryu / Tokyo	36.100	Aumento de fluxo
Água para paisagem	11	263	Ashiya /Ashiya	450	Parques das cidades
Derretimento de neve	11	5.985	Yaeda / Aomori	22.320	Ruas das cidades

Fonte: Adaptado por Ogoshi; Suzuki; Asano (2001)

Na região norte da Grécia tem-se a utilização de águas residuárias tratadas no cultivo do algodão, mas não de forma rotineira, buscando mitigar os impactos da seca que aparecem na região a cada cinco ou sete anos. Ainda na Grécia Ocidental ocorreu a implantação do manejo planejado dos esgotos tratados em áreas agrícolas, mas ainda é necessário estabelecer critérios para a reutilização de águas residuárias em toda a Grécia (PEDRERO, ALARCÓN, KOUKOULAKIS, 2010).

Nos Estados Unidos, em 2012, cerca de 12 bilhões de galões de águas residuais eram descartados em estuários e no oceano diariamente (NRC, 2012). Os estados da Califórnia e a da Flórida têm os maiores programas de reutilização

de água (para aplicações potável e não potável), com reutilização de aproximadamente 500 milhões de galões por dia, seguido pelos estados do Texas e Arizona, com uma média de 200 milhões de galões por dia (SANCHEZ-FLORES; CONNER e KAISER, 2016).

Em Cingapura a qualidade da água é regulada pelo Regulamento de Saúde Pública Ambiental. As normas de água potável nestas regulamentações são baseadas nas diretrizes da OMS. Com uma conexão de esgoto universalizada, todas as águas residuais são coletadas e tratadas. Introduzido em 2002, a água reutilizada para uso potável e não potável, é representado pela marca NEWater.

O NEWater é responsável por até 40% da demanda de água. É fornecido a partir de cinco plantas com capacidade total de 122 milhões de galões por dia (554.600 m³/dia). A produção deve atingir cerca de 192 milhões de galões por dia (873.000 m³/dia) em 2020 (LEE; ONG, 2016).

3.5. Reúso urbano não potável

Com a crescente busca pelo reúso ao longo dos anos, é visto um aumento no número de estudos e projetos nacionais e internacionais sobre o reúso urbano não potável.

Em Maceió, Silva (2019) realizou a caracterização dos efluentes tratados em estações compactas para reuso direto não potável urbano, no qual a prática mostrou-se ser satisfatória, porém com necessidade de implantação de pós tratamento.

Em Florianópolis, Trennepohl (2018) demonstra um projeto de reúso urbano não potável através da ETE Insular, no qual foi realizado levantamento de potenciais usuários para a água de reúso urbano não potável, em termos quantitativos e qualitativos; posteriormente definindo-se os parâmetros de qualidade mínima que a água de reúso deve atender e propondo uma unidade de pós-tratamento do efluente para a estação.

Na China, através do estudo de reutilização de água recuperada através do reúso direto apresentado por Yi; Jiao (2011), é possível analisar a preocupação com a crescente demanda de água e a necessidade de aumento do reuso direto, mesmo tendo cidades como Tianjin, que através do programa

Technologic-Economic Development Area (TEDA), reutilizam 30.000 m³ de água por dia, onde desse montante 10.000 m³ são destinados para fins paisagísticos e irrigações para a cidade, e mediante a isso é apresentado a importância de novas políticas governamentais para tornar o reúso de água uma aventura de negócios atraente para serviços financeiros e investidores.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

4.1.1. Zona norte de Natal

De acordo com a Secretária de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB, 2017) a região administrativa norte de Natal contempla 7 bairros sendo eles: Lagoa Azul, Igapó, N. Sra. da Apresentação, Pajuçara, Potengi, Redinha e Salinas, contendo uma área de aproximadamente 58,89 km², com uma população residente média projetada em 2017 em 387.230 habitantes (na qual 99,13% residem em casas e 0,71% em apartamentos), perfazendo uma densidade demográfica de 6.116 (hab/km²), segundo dados da.

Em relação ao esgotamento sanitário atual, como pode ser visto na tabela 04, os bairros tem mais de 95% de seu abastecimento fornecido pela rede geral da CAERN, que no ano de 2015, já ofertava cerca de 800 m³ de água tratada para a população (SEMURB, 2017)

Tabela 04: Abastecimento de Água da Região Administrativa Norte

BAIRRO	POÇO OU		POÇO OU		TOTAL
	REDE GERAL	NASCENTE NA PROPRIEDADE	NASCENTE FORA DA PROPRIEDADE	OUTRAS	
Zona Norte	98,14	0,34	0,35	1,16	100
Lagoa Azul	98,47	0,57	0,34	0,63	100
Igapó	99,79	0,09	0,04	0,08	100
N. Sra. da Apresentação	96,66	0,34	0,48	2,51	100
Pajuçara	98,38	0,21	0,47	0,95	100
Potengi	99,61	0,2	0,1	0,08	100
Redinha	95,07	0,97	0,77	3,18	100
Salinas	98,79	0,3	-	0,91	100

Fonte: SEMURB 2017, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010)

Com a nova estação de tratamento de esgotos do Jaguaribe que está sendo construída, os bairros: Igapó, Salinas, Potengi, Nossa Senhora da Apresentação, Lagoa Azul e Pajuçara que hoje apresentam 6,78% de índice de cobertura de esgotamento sanitário, serão interligados ao sistema de esgotamento sanitário atualmente em implantação, que será responsável por tratar e dar destino final a uma vazão média de aproximadamente 705,73 L/s de esgoto em 2030, quando conforme planejamento descrito no Plano Municipal de Saneamento Básico de Natal (PMSB) elaborado em 2016 pela empresa Start Pesquisa e Consultoria Técnica Ltda, será atingida a meta de 100% de índice de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário.

Através da imagem de controle da Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB), figura 01, pode-se observar a disposição dos bairros junto ao local que a estação de Jaguaribe está sendo implementada.

Figura 01 - Imagem da Região Administrativa Norte e disposição dos seus bairros



Fonte: Adaptado de Semurb (2017)

4.1.2. Estação de Jaguaribe

A estação de esgoto de Jaguaribe encontra-se no município de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente na zona norte da cidade, no

bairro da Redinha, como limites geográficos as coordenadas: 253.692,05mE; 9.362.723,14mN (UTM/SIRGAS 2.000) e está entre o Rio Jaguaribe e o cruzamento das Ruas Presidente Itamar e Construtor Severino Bezerra. A estação abrange uma área de aproximadamente 6,7 ha, estando a uma distância mínima de 300 metros da área residencial mais próxima segundo análise realizada no *Google Earth* pelo autor.

Na figura 02 podemos observar sua construção em andamento, quando pronta esta estação receberá os esgotos gerados de toda a região norte da cidade, a exceção do bairro da Redinha que já possuía tratamento independente, em fase de implantação.

Figura 02 - Imagem feita por drone da ETE do Jaguaribe



Fonte: Certa Engenharia e Incorporação (2020)

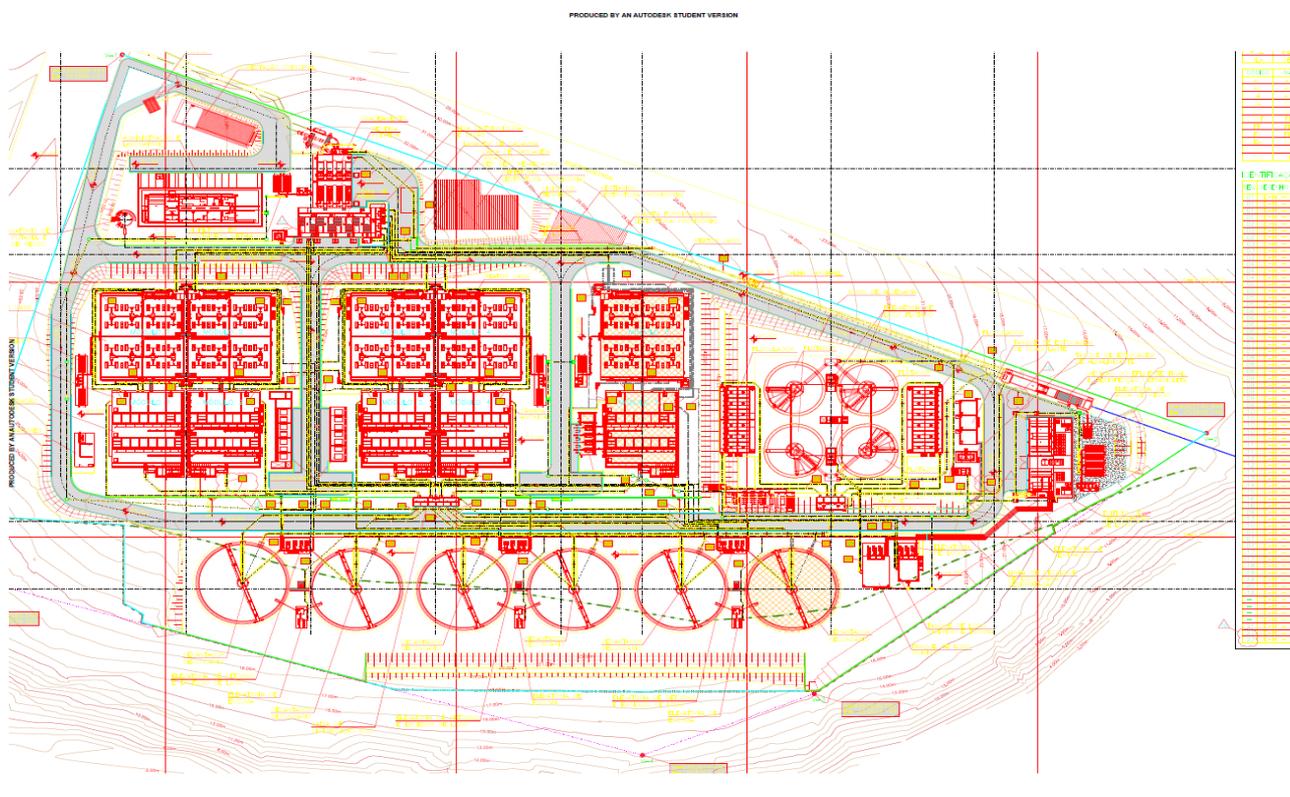
A referida ETE que é parte integrada do sistema de esgotamento sanitário da Zona Norte de Natal, foi dimensionada para atender toda a população prevista no horizonte de projeto, de forma modulada, podendo eventualmente vir a ser executada por etapas.

Ela detém uma configuração de 5 módulos, cada um com vazão média de 210 L/s, no qual juntos terão a capacidade de tratar 1.050 L/s de esgoto para vazão média e 1.890 L/s em vazão máxima. Em sua configuração, ela será capaz de tratar efluentes a níveis terciários, sendo composta por grades mecanizadas, caixa de areia, reatores anaeróbios tipo UASB, câmaras anóxicas, tanques de

aeração com a utilização de biodiscos, decantadores secundários, tratamento físico químico para remoção de fósforo e desinfecção UV antes do encaminhamento do efluente tratado no Rio Potengi (Figura 03 e Quadro 02).

Além da linha líquida, descrita acima, a estação contará também com unidades para desidratação mecânica do lodo, coleta e queima do biogás gerado nos reatores anaeróbios e coleta e tratamento dos gases odoríferos. A seguir, a figura 03 e o quadro 02 mostram toda a parte de projeto, esquematização das fases de tratamento e seus componentes por unidade.

Figura 03 – Masterplan da ETE de Jaguaribe



Fonte: CAERN (2019)

Quadro 02 – Fases de tratamento projetados para a ETE Jaguaribe.

Fase do tratamento	Unidade componente
Unidade de chegada	- Caixa de distribuição de vazão
Pré-tratamento	- Grades grossas, grades finas e Caixas de Areia
Tratamento intermediário	- Reatores UASB - Elevatórias de espuma primária Queimadores
Tratamento terciário	- Câmaras anóxicas - Tanques de aeração com biodiscos - Elevatórias de recirculação - Decantadores secundários - Elevatórias de retorno de lodo - Elevatórias de excesso de lodo - Elevatórias de espuma secundária
Desinfecção	- Radiação ultravioleta
Tratamento do lodo	- Estabilização nos reatores UASB - Desidratação em centrífugas - Elevatória de centrado
Disposição do lodo	- Aterro sanitário
Tratamento do biogás	- Queimadores

Fonte: CAERN (2019)

Segundo o memorial descritivo, foram admitidas as seguintes concentrações para os esgotos sanitários afluentes na entrada da ETE Jaguaribe:

- DBO: 300 mg/L
- DQO: 600 mg/L
- SST: 300 mg/L
- NTK: 50 mg/L
- Fósforo: 10 mg/L
- Coliformes termotolerantes : 107 NMP/100 mL

O sistema de tratamento foi concebido, projetado e dimensionado parametricamente para proporcionar as seguintes eficiências de remoção das concentrações citadas acima:

- DBO: $\geq 90\%$
- Nitrogênio Amoniacal: 80%
- Sólidos Suspensos Totais: 90%
- Fósforo: 90%

4.2. Escolhas das modalidades de reúso

Visando priorizar as atividades que exercem um gasto de água na região, foram escolhidas para utilização da água de reúso as seguintes modalidades de reúso não potável:

- Irrigação dos canteiros de determinadas vias dos bairros da zona norte de Natal;
- Lavagem do local após a realização de feiras livres,
- Lavagem de praças;
- Irrigação de campos de futebol e entorno de quadras poliesportivas;

Desse modo, foi realizado levantamento dos bairros do presente estudo através dos dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB) e da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SEMSUR), obtendo-se os quantitativos descritos nas tabelas 05 e 06.

Tabela 05: Quantitativo de áreas verdes na zona norte de Natal

BAIRROS	CAMPOS/QUADRAS	PRAÇAS
Pajuçara	26	7
Potengi	16	27
Redinha	4	6
Nossa Sra. Da Apresentação	3	2
Igapó	2	4
Salinas	1	0
Lagoa Azul	4	10
TOTAL	56	56

Fonte Adaptado de SEMURB (2019)

Tabela 06: Quantitativo de feiras livres na zona norte de Natal

BAIRROS	FEIRAS LIVRES
Pajuçara	1
Potengi	3
Redinha	0
Nossa Sra. Da Apresentação	2
Igapó	1
Salinas	0
Lagoa Azul	3
TOTAL	10

Fonte Adaptado de SEMSUR (2019)

4.3 Legislação adotada para a proposta de reúso

Para a determinação de quais parâmetros seriam adotados como referência na prática de reúso proposta, foi realizado um comparativo das principais legislações no meio internacional e nacional visando o melhor índice de viabilidade do estudo.

Desse modo, os seguintes parâmetros foram estabelecidos como os mais relevantes: pH, cloro residual, coliformes termotolerantes, sólidos dissolvidos totais (SDT) e cloro residual, pois são os parâmetros de segurança em um possível contato com a população; observando que o parâmetro de DBO é aplicado em legislações de alta rigidez, ele não foi levado em consideração para o cenário do Brasil.

Através de uma análise criteriosa dos valores apresentados na tabela 01 e 02, foi escolhida a NBR 13.969/1999 conforme a tabela 07, na qual percebeu-se que como existem locais no Brasil que a utilizam e pelo fato de atender de forma satisfatória a segurança da população com uma menor rigorosidade, para um país que ainda está no início da caminhada de reúso urbano, entende-se que seria a melhor opção entre as existentes, sendo um ponto de partida para o aumento gradativo da aplicação de legislações mais rígidas no ao longo dos anos.

Tabela 07 – Parâmetros da Legislação adotada para a proposta

Legislação	Tipo de reúso não potável	Turbidez (UNT)	pH	Cloro residual (mg.L- l)	Coliformes Termotolerante (UFC.100mL.l)	SDT (mg.L- l)
NBR 13.969/1997	Urbano (Contato direto)	< 5	6 a 8	0,5 a 1,5	≤ 200	< 200
	Urbano (Sem contato direto)	< 5	-	> 0,5	≤ 500	-

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4 Sistemas de irrigação

Para a realização da irrigação visando contemplar as atividades propostas, foram utilizadas duas alternativas idealizadas por Alípio (2019), sendo elas:

- Utilização somente de caminhão pipa;
- Utilização de sistema autônomo de irrigação junto ao caminhão pipa.

Dessa forma, tem-se a criação de sistemas estabelecidos mediante a delimitações administrativas de cada bairro, recebendo assim as diretrizes de aplicabilidade de acordo com as características de cada um, como por exemplo se há existência de ruas que demandem uma irrigação autônoma, se os custos operacionais de todos os sistemas estão em nível aceitável para a prática, se há pontos suficientes para irrigação que justifiquem o implemento desse bairro, dentre outros fatores.

4.4.1 Irrigação pelo método de caminhão pipa

A irrigação pelo método de caminhão pipa, se daria como ponto de partida o abastecimento dos caminhões na própria Estação de Tratamento do Jaguaribe, mais precisamente na saída da unidade de desinfecção, ou seja, a montante do emissário de efluente tratado. Seguindo o procedimento proposto, o caminhão faria todo o trajeto planejado, inicialmente irrigando os canteiros

definidos e posteriormente as praças e campos esportivos. Tal prática seria realizada de maneira diária para lavagem das vias após as feiras livres, exceto segunda-feira, pois como pode ser observado no quadro 03, nestes dias (segundas) não há feiras na zona norte da cidade.

Quadro 03 - Feiras livres cadastradas na zona norte de Natal

Dia	Feira	Bairro	Horários	Feirantes cadastrados	Bancas
Terça - Feira	Igapó	Igapó	05h às 12h	164	354
Quarta- Feira	Aliança	N.S. da Apresentação	05h às 13h	118	265
Quinta - Feira	Cidade Praia	Lagoa Azul	05h às 12h	52	101
Quinta - Feira	Panorama	Potengi	05h às 13h	126	286
Sexta - Feira	Parque dos coqueiros	N.S. da Apresentação	05h às 14h	189	416
Sábado	Pajuçara	Pajuçara	05h às 12h	19	40
Sábado	Santa Catarina	Potengi	05h às 13h	244	490
Domingo	Gramoré	Lagoa Azul	05h às 13h	65	96
Domingo	Nova Natal	Lagoa Azul	05h às 14h	283	550
Domingo	Nova República	Potengi	05h às 13h	21	40

Fonte: Adaptado de SEMSUR (2019)

Já para as demais atividades, a irrigação seria realizada a cada 3 dias, totalizando 10 dias por mês. Também é necessário considerar que, dependendo da extensão dos canteiros e das praças e campos de algumas áreas, será necessário a utilização de mais de um caminhão por sistema visando a conclusão da irrigação no dia específico.

4.4.2 Irrigação por caminhão pipa junto ao sistema autônomo

Para a realização da segunda proposta, inicialmente o caminhão pipa transportaria a água para os pontos definidos de forma igual ao item anterior, mas diferentemente da primeira hipótese, há o implemento do sistema autônomo ficando viável a irrigação dos canteiros das avenidas preestabelecidas, nessa situação seriam implementados reservatórios nos pontos de maiores cotas das avenidas.

Com esse sistema, os operadores não precisam irrigar manualmente, sendo somente necessário abastecer o reservatório. Contudo a irrigação seria ativada através de um painel de controle de irrigação instalado, onde poderá ser controlado o horário, o tempo e a vazão estabelecida por dia.

No caso das feiras livres, ainda seria necessário a presença dos operadores para a lavagem, visto que é uma área que sofre bastante mudança de estrutura de bancadas dos feirantes e também pelo fato de ser uma prática susceptível a mudança de local, fazendo com que o sistema autônomo de irrigação perdesse sua utilidade naquela área.

É provável que com esse sistema existirá uma economia de água maior devido ao consumo ser medido e programado pelo painel de controle de irrigação junto a vazão estipulada por mangueiras micro perfuradas, que realizariam a irrigação do canteiro por aspersão.

4.5 Balanço econômico dos sistemas

Para a realização da análise econômica dos sistemas foi realizado o balanço de determinados fatores, tais como os utensílios necessários para a realização do projeto, como custos operacionais quanto aos gastos de combustíveis, componentes do sistema de irrigação autônomo, o valor do reservatório, os valores necessários para a mão de obra e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) a serem utilizados pelos operadores. Como há um número satisfatório de caminhões pipas da prefeitura para aplicação da atividade de acordo com informações da Semsur, não se fez necessário colocar o custo de aquisição dos mesmos no orçamento.

Dessa forma, ao final de todo o balanço financeiro, uma análise é feita visando obter o comparativo de custos com todo o sistema implementado com a utilização de água tratada e sem o reúso de água, onde é possível saber qual seria o tempo para se ter o retorno do investimento.

4.5.1 Custo do caminhão pipa e combustível

Inicialmente foi feita a análise do principal quesito que está empregado nas duas propostas, o caminhão pipa, tendo-se para tanto utilizado a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)

De acordo com o caderno técnico de composições para transportes, carga e descarga de materiais que é disposto pelo macro tema SIU (Saneamento e

Infraestrutura Urbana), há duas configurações que se enquadrariam para a precificação da utilização do caminhão pipa na zona norte de Natal.

- Utilização 01 - transporte com caminhão pipa de 6 m³, em via urbana pavimentada, DMT acima de 30 km.
- Utilização 02 - transporte com caminhão pipa de 10 m³, em via urbana pavimentada, DMT acima de 30 km.

Através da fórmula de produtividade horária:

$$PH = \frac{C * FTT}{2 * \frac{X}{V}} \quad (1)$$

Em que:

PH = Produtividade horária em m³/h;

C = Capacidade do tanque, considerado 10 m³;

FTT = Fator tempo de trabalho, considerado 0,70;

X = distância percorrida em km;

V = velocidade de transporte, considerado 50 km/h.

Juntamente com a fórmula de produtividade horária, há um fator de extrema importância para a base de cálculo que é o preço do combustível que será utilizado pelo caminhão pipa. O combustível que é utilizado para esse transporte é o Diesel, sendo o preço unitário do mesmo obtido através de pesquisa de mercado no local, tendo sido obtido em Agosto de 2020, data de análise, o preço médio nos postos da cidade de Natal de R\$ 3,497 de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e o consumo médio dos caminhões pipa sugeridos no mercado é de 4 km/L.

4.5.2 Custo da mão de obra

Um custo que está empregado na atividade proposta é a da mão de obra do operário, sendo necessário inicialmente atentar qual tipo de serviço essa

prática é estipulada pela legislação brasileira, fazendo com que seja possível estimar as despesas que será necessária com esse ponto.

Visto que a operação está diretamente relacionada ao possível contato com a esgoto tratado, esse serviço se enquadraria na NR 15 (BRASIL, 1978) a qual dispõe-se sobre “Atividades e operações insalubres”, mais precisamente no anexo N^o. 14 que trata sobre agentes biológicos e insalubridade no qual é caracterizada pela avaliação qualitativa em que estaria classificada como insalubridade de grau máximo por ser resultante de esgotos (galerias e tanques), resultando em um percentual obrigatório de 40% de extensão ao salário base.

Para o acréscimo de 40% do salário base, foi pré-estabelecido que esse valor seria referente ao salário mínimo do ano de 2020 estabelecido pela medida provisória (MVP) 919/2020, com valor de R\$1.045,00, nesse sentido o valor (acrescido do adicional de insalubridade) seria de R\$ 418,00

4.5.3 Custo de EPI (equipamento de proteção individual)

Com o objetivo de proporcionar a maior segurança possível para os operadores visto que a atividade é de alto grau de insalubridade, foi realizado levantamento em sites para determinação do tipo e quantidade de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários para que a operação fosse executada da forma mais correta e segura possível.

Através de pesquisa de mercado escolheu-se o menor custo para obtenção de EPI (obtido pela loja Magazine do EPI) e em seguida analisado os equipamentos que mais se adequam para a operação do sistema de reúso como mostrado no quadro 04 para geração do cálculo final.

Desse modo, com uma lista de 6 itens chegou-se a um valor total de R\$ 123,48 por operador, visto que para ambos os sistemas o número mínimo seria de 2 operadores, o custo final de EPI passa a ser de R\$ 246,96 sendo que esses equipamentos suportam facilmente mais de um 1 trimestre de uso, exceto as máscaras que possuiriam um tempo médio de 15 dias de uso. Nesse sentido fazendo um cálculo quinzenal de máscaras e trimestral do restante dos equipamentos, chegando-se a um valor total anual de R\$ 1.186,70.

Quadro 04 - Lista de preços de EPI

MACACÃO NEW PROT SUPER 100 - ARGETEX	Proteção contra respingos provenientes de operações com uso de água. Para higienização utilizar água e sabão neutro.	R\$ 29,93
BOTA PVC CANO CURTO FUJIWARA	Bota de segurança cano curto tipo impermeável; Resistente e solado antiderrapante;	R\$ 31,35
LUVA PVC 26 VOLK - VERDE	Luva de segurança confeccionada em suporte têxtil de algodão, revestimento externo em policloreto de vinila (PVC).	R\$ 10,29
CAPACETE MAS	Capacete de segurança, tipo aba frontal; Injetado em plástico, com fendas laterais.	R\$ 41,15
MÁSCARA PFF2 COM VÁLVULA AIR SAFETY	Respirador purificador de ar tipo peça semifacial filtrante para partículas formato dobrável com válvula de exalação classe PFF2 "S"	R\$ 4,89
ÓCULOS JAGUAR KALIPSO	Óculos de segurança constituídos de arco de material plástico (náilon), indicado para proteção dos olhos do usuário contra impactos de partículas.	R\$ 5,87

Fonte: Site do Magazine do EPI

4.5.4 Custo do sistema de irrigação autônomo

Em detrimento de ter a possibilidade de ser escolhido o sistema de irrigação autônomo, foi feito um levantamento para obter o custo necessário para o funcionamento do mesmo. Para tanto, propõe-se a implantação de reservatórios de poliéster reforçado com fibra de vidro, pois esse tipo tem a possibilidade de suportar grande volume de água e também não se faz necessário nenhum tipo de construção, somente a instalação do mesmo no local desejado.

Segundo contato com a empresa MakroCaixa, foi solicitado uma proposta comercial e possível obter os seguintes modelos e valores:

- Reservatório cilíndrico em PRFV c/ escotilha 10.000 L - R\$ 3.480,00 unid;
- Reservatório cilíndrico em PRFV c/ escotilha 20.000 L- R\$ 7.850,00 unid.;

- Reservatório cilíndrico em PRFV c/ escotilha 30.000 L -R\$ 12.740,00 unid.

Além do reservatório, alguns equipamentos específicos se fazem necessário para o funcionamento do sistema como o painel de controle de irrigação, a válvula solenoide que se conecta a tubulação e a mangueira. O quadro 05 apresenta os resultados encontrados com menor custo em pesquisa de mercado realizada.

Quadro 05 - Lista de preços de equipamentos para irrigação autônoma.

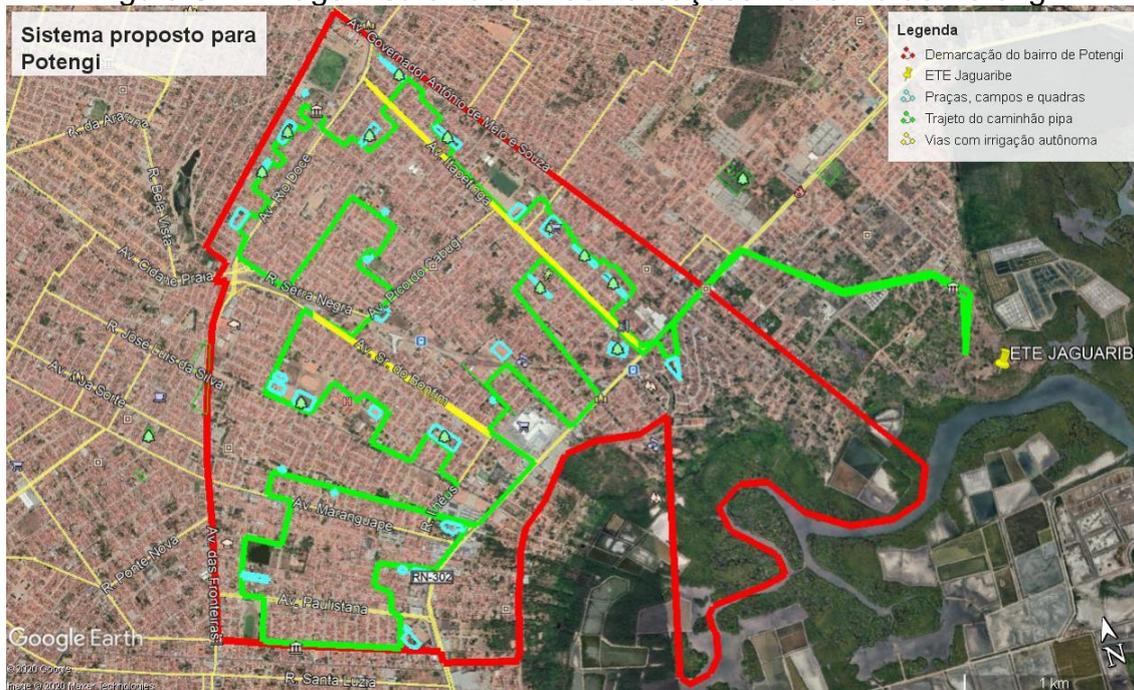
Equipamento	Função	Preço Médio R\$
Válvula Elétrica Solenoide Normal Aberta 1.1/2" Com Controle de Fluxo	Dispositivo eletromecânico usado para controlar o fluxo de líquido no processo de irrigação.	R\$ 458,20
Controlador <i>Rain Bird Esp Rzx</i> -e 4 Estações Wifi Indoor 230v	Responsável por dar as ordens de controle para o sistema de irrigação, como tempo de operação, horários de partidas por dia irrigação por cada setor.	R\$ 488,00
Mangueira De Irrigação Santeno (1000 m)	Perfurada a laser a mangueira produz micro jatos de água direcionados para cima como uma garoa artificial, irrigando 100% da área com raio de alcance de até 2m para cada lado.	R\$ 896,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.6 Estimativa de área e definição das ruas

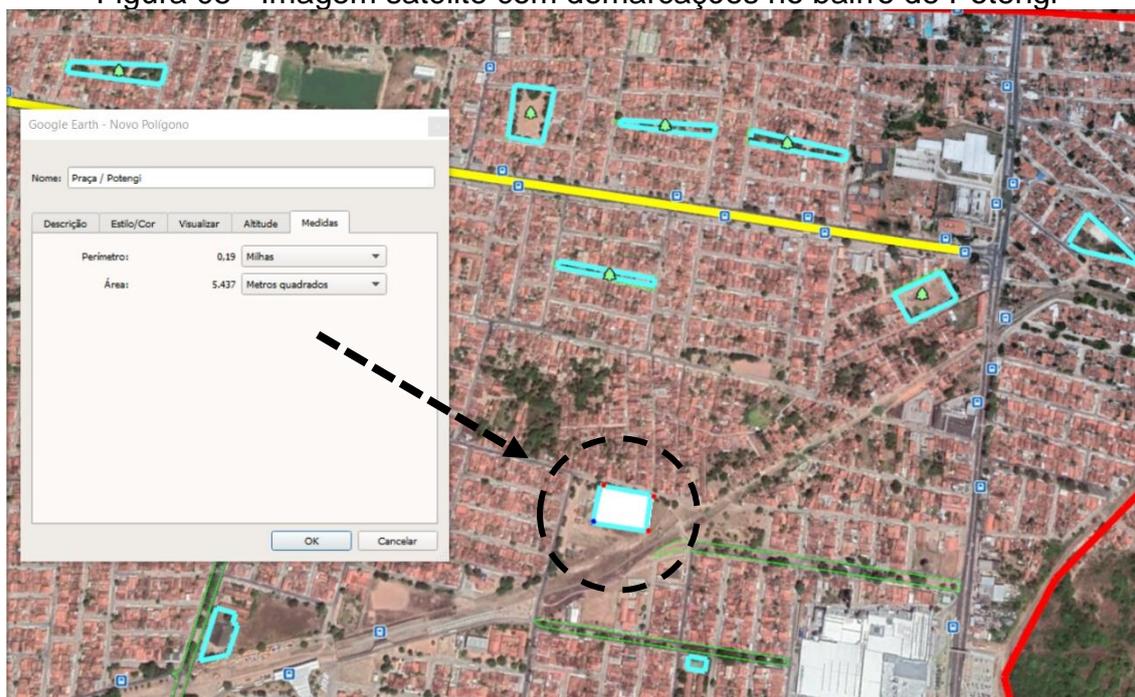
Para a realização da estimativa da área que seria empregada a irrigação, seja ela por caminhão pipa ou por sistema autônomo, foi realizado estudo através do software Google Earth no qual foi possível localizar, estimar e medir as áreas das praças, quadras e campos dos bairros que contemplam o estudo. Através da figura 04 e 05 é possível observar o procedimento sendo realizado para o bairro de Potengi.

Figura 04 - Imagem satélite com demarcações no bairro de Potengi



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Figura 05 - Imagem satélite com demarcações no bairro de Potengi



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Nesse sentido, com as medidas das praças, campos e quadras aferidas, é possível estabelecer a quantidade de água necessária para cada bairro, possibilitando o conhecimento do número de reabastecimentos que o caminhão pipa necessitará. Para a área das feiras livres foi padronizado uma área de 500

m² levando em consideração a metragem média das feiras de São Paulo (Feira Maps 2020).

Para a definição de quais ruas iriam receber o sistema de irrigação autônomo, foram estabelecidas duas condições: a avenida apresentar uma vegetação mínima necessária em seus canteiros e ser considerada uma via principal para o bairro, tendo uma extensão de pelo menos 500 metros. Para a definição da área, foi adotado uma largura padronizada de (4 metros) vezes o comprimento da rua.

4.7 Volume de água aplicada

Para a determinação da quantidade de água necessária nas áreas propostas, foi levado em conta a existência de vegetação ou não para definir o número adequado de litros por metro quadrado. Nos casos dos campos, entorno de quadras, praças e canteiros, utilizou-se coeficiente para irrigação de jardins, de 1,5 L/m² segundo Macintyre (1990). Já para as áreas que não apresentam nenhum tipo de vegetação como é o caso das feiras livres, o valor de referência adotado foi de 1 L/m² segundo SEMSUR (2020). Nesse sentido foi utilizado a seguinte fórmula para a obtenção do volume total necessário para cada bairro.

$$Volume\ Total = A1\ m^2 * tg \frac{l}{m^2} + A2\ m^2 * n * tf \frac{l}{m^2} + A3\ m^2 * tg \frac{l}{m^2} \quad (2)$$

Em que:

A1 = área em m² das praças, campos, quadras e canteiros;

A2 = área em m² das feiras livres;

A3 = área em m² das avenidas;

tg = Coeficiente de referência de irrigação urbana;

n = Número de feiras existentes por bairro;

tf = Coeficiente de referência para feira livre.

5. RESULTADOS

Com a análise dos bairros, foi possível constatar que dois deles não apresentavam certos parâmetros necessários que justificassem a aplicação dos sistemas de irrigação, sendo eles: Salinas e Nossa Senhora da Apresentação.

Para o bairro Salinas, não se fez necessário aplicação de sistema de irrigação por se tratar de um bairro que não apresenta população residente significativa, sendo composto basicamente por áreas vegetadas e viveiros de carcinicultura no qual apenas um ponto se enquadra no critério de irrigação e não há nenhuma feira livre em sua delimitação, mostrando-se inviável a adoção da prática de reúso nesta localidade.

Para o bairro Nossa Senhora da Apresentação, não se fez necessário a proposição de um sistema de irrigação em razão de dois aspectos. A distância de cerca de 10 km do bairro à Estação de tratamento; e o baixo número de locais a serem irrigados, um total de 3 campos, 2 praças e 2 feiras livres. Em função desses fatores mostrou-se ser um bairro inviável devido ao pouco proveito que a atividade de reúso iria empregar na localidade.

5.1 Sistema Pajuçara

Para o bairro de Pajuçara o sistema proposto foi estabelecido por irrigação de caminhão pipa, visto que as grandes avenidas do bairro não apresentam vegetação que demonstre a necessidade de um sistema autônomo de irrigação nesses canteiros. Desse modo, têm-se uma área de 96.118 m² obtida pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados, sendo a disposição dos pontos demonstrada na figura 06.

Figura 06 - Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Pajuçara.



O volume de água necessária para o bairro foi calculado através da equação 02, e considerou que no referido bairro há 1 feira livre cadastrada, sendo então obtido o volume aproximado de 145 m³ de água. Desta forma, será necessário realizar 15 voltas para o caminhão pipa, visto que sua capacidade máxima de transporte de água é de 10 m³. Com isto, foi realizado um trajeto alternativo que abrange todos os pontos necessários de irrigação, sendo percorridos para tanto cerca de 20 km como é possível observar na figura 07.

Figura 07 - Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Pajuçara



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Considerando o cálculo de produtividade horária para estimar o tempo necessário que o caminhão levará para irrigar todos os pontos do trajeto, obteve-se o valor de 8,7 m³/h.

Como o volume total é aproximadamente 144,6 m³ de água, com uma produtividade horária de 8,7 m³/h, o tempo necessário para irrigação desse volume é de 16,6 horas ou 16 horas e 36 minutos.

Desse modo para propiciar melhor logística, se faz necessário a utilização de 3 caminhões para esse bairro visando atingir um tempo de operação de até 8 horas (duração do expediente comercial), dessa forma atingindo um tempo de aproximadamente 5 horas e 32 minutos para cada caminhão pipa.

Através da tabela 08, é possível verificar o custo estimado de um dia para a realização do trajeto proposto.

Tabela 08: Custo diário para trajeto do bairro de Pajuçara

Cálculo de custo do trajeto

Custo Unitário	Quilometragem	Voltas	Custo Total
R\$ 0,87/km	20,1 km	15	R\$ 262,3

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Pajuçara se dariam de acordo com a tabela 09. Nota-se que o custo de EPI não é um custo mensal e sim anual, sendo assim contabilizado somente na última coluna.

Tabela 09 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Pajuçara.

Parâmetros	Custo	Quantidade	Custo mensal	Custo anual
Adicional de insalubridade	R\$ 418,00	6 Funcionários	R\$ 2.508,00	R\$ 30.096,00
Custo por km rodado	R\$ 0,87	300 km	R\$ 2.623,00	R\$ 31.476,00
EPI's	R\$ 1.186,70	6 kits	-	R\$ 7.120,20
Valor Total			R\$ 5.131,00	R\$ 40.348,20

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com um custo anual de R\$ 40.348,20 o sistema Pajuçara seria de grande aplicabilidade, visto que consegue proporcionar um reúso de mais de 144 m³/dia de água através de 36 pontos de irrigação.

5.2 Sistema Potengi

Para o bairro de Potengi o sistema proposto é composto por irrigação de caminhão pipa e sistema autônomo, visto que há grandes avenidas no bairro que apresentam considerável vegetação que justifica a implantação de um sistema autônomo de irrigação nesses canteiros. As avenidas que irão contemplar o sistema são: Av. Senhor do Bonfim (5°45'05.43"S – 35°15'14.88" O) e a Av. Itapetinga (5°44'49.95"S – 35°14'27"O) com comprimento de 1.188m e 2.112 m respectivamente. Desse modo pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados foi calculado uma área de 112.287 m², sendo os pontos de interesse ilustrados na figura 08 a seguir.

Figura 08: Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Potengi.



LEGENDA

	LIMITE DO BAIRRO		FEIRA LIVRE
	CAMPOS E QUADRAS		HORTO
	ESCOLAS/CRECHES ESTADUAIS		PRAÇA
	ESCOLAS/CRECHES MUNICIPAIS		EQUIPAMENTOS DE SAÚDE
	SEGURANÇA		

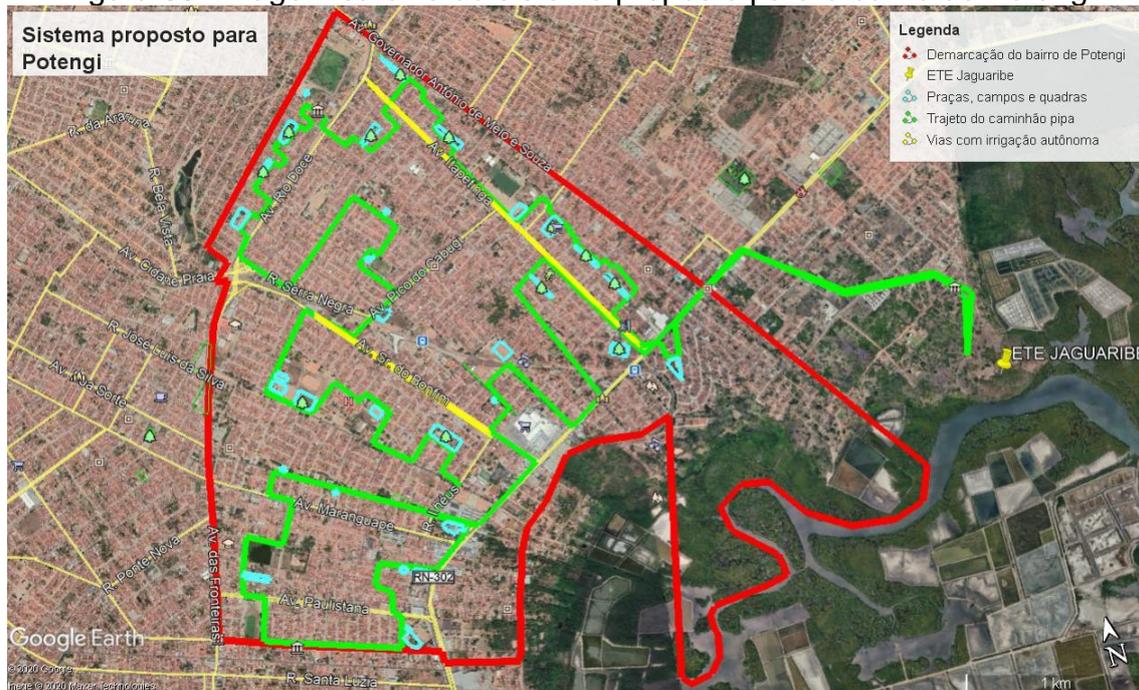


Fonte: SEMURB 2017

O volume de água necessária para o bairro de Potengi (calculado pela equação 02), com um número de 3 feiras livres cadastradas, é de 189.730 L.

Com um valor aproximado de 190 m³ de água, dar-se-ão necessário 19 voltas para o caminhão pipa, uma vez que o volume máximo de transporte do caminhão é de 10 m³. Através da figura 09, pode-se observar o percurso sugerido sugestivo, com uma distância de 24,2 km abrangendo os pontos e as avenidas de interesse.

Figura 09: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Potengi



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Para o cálculo de produtividade horária visando estimar o tempo necessário que o caminhão levará para irrigar todos os pontos do trajeto, obteve-se um valor de 7,2 m³/h (conforme equação 01).

Com o volume total de aproximadamente 190 m³ de água, e a produtividade horária de 7,2 m³/h, o tempo necessário para irrigação desse sistema é de 26 horas e 23 minutos.

Para alcançar o tempo máximo de 8 horas diária, se faz necessário a utilização de 4 caminhões para esse bairro dessa forma atingindo um tempo de aproximadamente 6 horas e 36 minutos para cada caminhão pipa. Através da tabela 10, é possível observar o custo estimado de um dia para a realização do trajeto proposto na tabela 10.

Tabela 10: Custo diário para trajeto do bairro de Potengi

Cálculo de custo do trajeto

Custo Unitário	Quilometragem	Voltas	Custo Total
R\$ 0,87/km	24,2 km	19	R\$ 400

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com o comprimento das avenidas de 1.188m e 2.112 m, tem-se 4.752 m² e 8.448 m² de área, sendo necessário 7,128 m³ e 12,672 m³ de volume d'água. Para esse volume admite-se a utilização do reservatório cilíndrico em prfv c/ escotilha 10.000 L que custa R\$ 3.480,00 unidade para a avenida Av. Senhor do Bonfim e o reservatório cilíndrico em prfv c/ escotilha 20.000 L que custa R\$ 7.850,00 uni para a Av. Itapetinga. Na Tabela 11 é possível observar o total do custo necessário para a implementação do sistema autônomo de irrigação para o bairro de Potengi.

Tabela 11: Quantitativo mensal / anual do sistema autônomo de Potengi

Implantação dos reservatórios	Quantidade	Valor
Reservatório	1x (10.000L)	R\$ 3.480,00
	1x (20.000L)	R\$ 7.850,00
Válvula Elétrica Solenoide	2x	R\$ 916,40
Controlador Rain Bird	2x	R\$ 976,00
Mangueira Santeno	4x	R\$ 3.584,00
Total		R\$ 16.806,40

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Potengi se dariam de acordo com a tabela 12. Nota-se que para o custo mensal não é levado em conta o custo do EPI e da implantação do reservatório visto que não é um custo fixo, sendo assim é somente contabilizado no custo do primeiro ano.

Tabela 12 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Potengi

Parâmetros	Custo	Quantidade	Custo mensal	Custo anual
Adicional de insalubridade	R\$ 418,00	8 Funcionários	R\$ 3.344,00	R\$ 40.128,00
Custo por km rodado	R\$ 0,87	460 km	R\$ 4.000,00	R\$ 48.000,00
EPI's	R\$ 1.186,70	8 Kits	-	R\$ 9.493,60
Implantação dos reservatórios	R\$ 16.806,00	2 Res.	-	R\$16.806,40
Valor Total			R\$ 7.344,00	R\$114.428,00

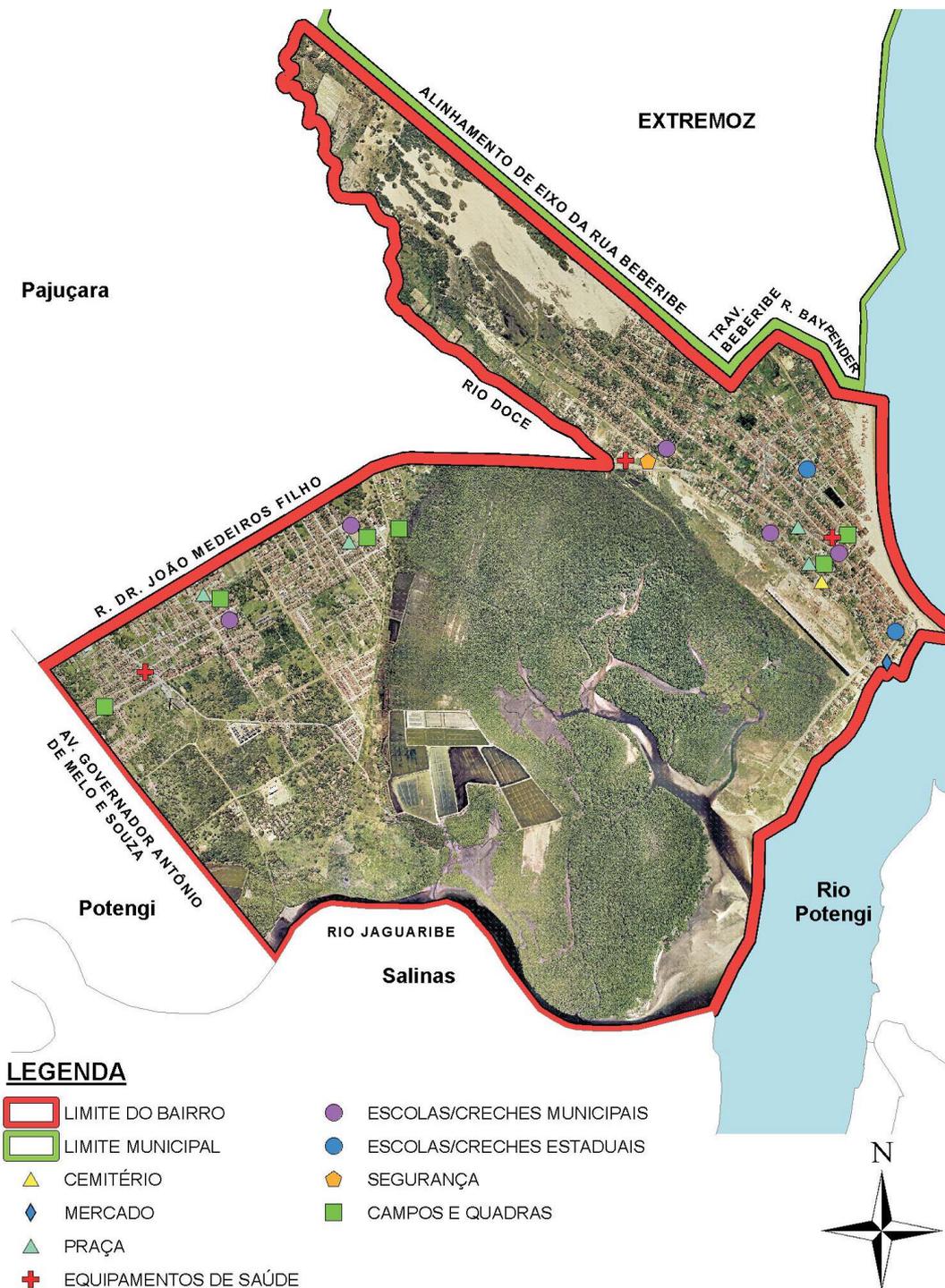
Fonte: Elaborado pelo Autor

Através do custo anual de R\$ 114.428,00, é apresentado valores maiores em relação a outros bairros devido a um grande número de pontos de irrigação e também por deter dos dois sistemas integrados, com um volume de 190 m³/dia de água de reúso.

5.3 Sistema Redinha

No o bairro da Redinha, o sistema aplicado seguiu o mesmo modelo para o bairro de Pajuçara, ou seja, por irrigação de caminhão pipa sem sistema autônomo. Dessa maneira através da estimativa de área dos pontos a serem irrigados foi calculado uma área de 25.545 m², onde os pontos de interesse são ilustrados na figura 10 a seguir.

Figura 10: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro da Redinha



Fonte: SEMURB (2017)

Através do cálculo de volume de água necessária para o bairro da Redinha, no qual não há registro de feiras livres cadastradas, tem-se o valor de 38.331 L através da equação 02.

Por meio do valor aproximado de 39 m^3 de água, se faz necessário um total de 4 voltas para o caminhão pipa, sabendo que o volume máximo de transporte do mesmo é de 10 m^3 . Através da figura 11, pode-se observar o percurso sugerido, com uma distância de 13,2 km a ser percorrida.

Figura 11: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Redinha



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Com o cálculo de produtividade horária para a obtenção estimada do tempo necessário que o caminhão levará para irrigar todos os pontos do trajeto, obteve-se o valor de $13,2 \text{ m}^3/\text{h}$ mediante a equação 01. Com o volume total de aproximadamente 39 m^3 de água, e a produtividade horária de $13,2 \text{ m}^3/\text{h}$, o tempo necessário para irrigação desse sistema será em torno de 2 horas e 57 minutos.

Através da tabela 13, é possível observar o custo estimado de um dia para a realização do trajeto proposto.

Tabela 13: Custo diário para trajeto do bairro da Redinha

Cálculo de custo do trajeto

Custo Unitário	Quilometragem	Voltas	Custo Total
R\$ 0,87/km	13,2 km	4	R\$46,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desse modo, as estimativas dos custos operacionais para o bairro da Redinha se dariam de acordo com a tabela 13. Nota-se que para o custo mensal não é levado em conta o custo do EPI visto que não são custos fixos, sendo assim é somente contabilizado no custo do primeiro ano.

Tabela 14 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro Redinha

Parâmetros	Custo	Quantidade	Custo mensal	Custo anual
Adicional de insalubridade	R\$ 418,00	2 Funcionários	R\$ 836,00	R\$ 10.032,00
Custo por km rodado	R\$ 0,87	132 km	R\$ 460,00	R\$ 5.520,00
EPI's	R\$ 1.186,70	2 Kits	-	R\$ 2.373,40
Valor Total			R\$ 1.296,00	R\$17.925,40

Fonte: Elaborado pelo Autor

5.4 Sistema Igapó

Para o bairro de Igapó, o sistema proposto seguiu os moldes dos bairros de Pajuçara e Redinha, sendo ele todo estabelecido por irrigação de caminhão pipa, pois não foi encontrado avenidas com significativa vegetação que necessitassem de sistema autônomo de irrigação. Desse modo pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados foi calculado uma área de 12.207 m², na qual a disposição dos pontos é demonstrada na figura 12.

Figura 12: Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Igapó



Fonte: SEMURB (2017)

Pelo cálculo de volume de água necessária para o bairro de Igapó, com o quantitativo de 1 feira livre cadastrada, chega-se ao valor de 18.811 L através da equação 02.

Com um valor aproximado de 19 m³ de água, se faz necessário um total de 2 voltas para o caminhão pipa, por se ter um volume máximo de transporte do caminhão de 10 m³. Através da figura 13, pode-se observar o percurso sugerido em verde claro, com uma distância de 15 km abrangendo os pontos de interesse.

Figura 13: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Igapó



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Nesse sistema, o valor obtido pelo cálculo de produtividade horária de acordo com a equação 01 é de 11,6 m³/h. Mediante um volume total de aproximadamente 19 m³ de água, e uma produtividade horária de 11,6 m³/h, temos um tempo de 1 hora e 38 minutos para irrigação desse sistema.

Através da tabela 15 é possível observar o custo estimado de um dia para a realização do trajeto proposto.

Tabela 15: Custo diário para trajeto do bairro da Igapó

Cálculo de custo do trajeto

Custo Unitário	Quilometragem	Voltas	Custo Total
R\$ 0,87/km	11,6 km	2	R\$20,2

Fonte: Elaborado pelo Auto

Na tabela 16, são apresentados os custos operacionais estimados do bairro de Igapó, na qual o custo mensal de EPI's não é levado em conta visto que não é um custo fixo, também não há reservatórios nesse sistema para serem contabilizados.

Tabela 16: Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Igapó

Parâmetros	Custo	Quantidade	Custo mensal	Custo anual
Adicional de insalubridade	R\$ 418,00	2 Funcionários	R\$ 836,00	R\$ 10.032,00
Custo por km rodado	R\$ 0,87	116 km	R\$ 202,00	R\$ 2.424,00
EPI's	R\$ 1.186,70	2 Kits	-	R\$ 2.373,40
Valor Total			R\$ 1.038,00	R\$14.829,40

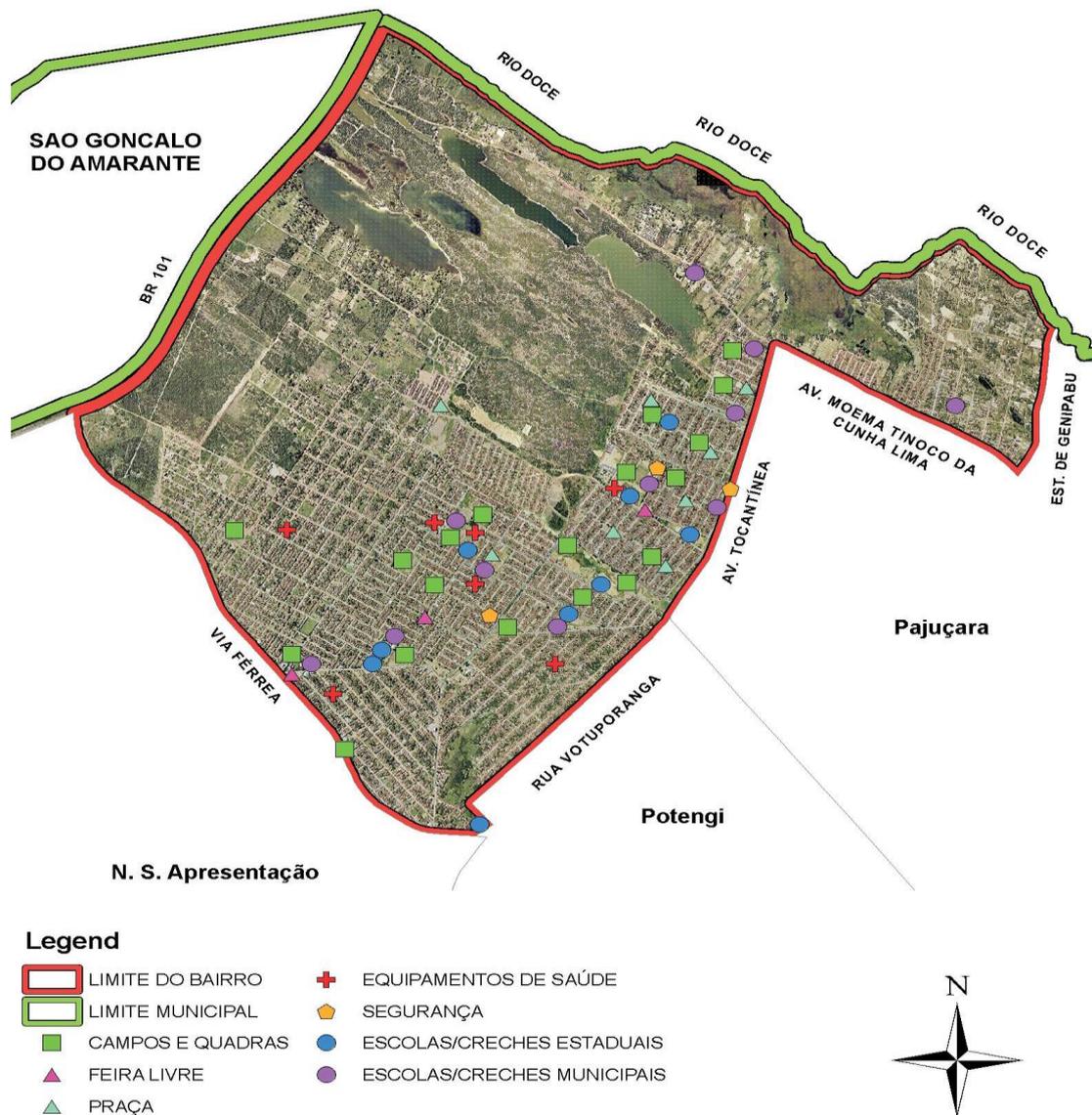
Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com o custo anual de R\$ 14.829,40 o sistema Redinha não teria grandes dificuldades de aplicação, visto que consegue proporcionar um reúso de 19 m³/dia de água para um bairro importante para a zona norte de Natal.

5.5 Sistema Lagoa Azul

Para o bairro de Lagoa Azul, o sistema proposto se dá por meio de irrigação de caminhão pipa e sistema autônomo, pois há duas avenidas no bairro que se destacaram por possuir vegetação considerável que justifica a implantação de um sistema autônomo de irrigação nesses canteiros. As avenidas que irão contemplar o sistema são: Av. Da Chegança ($5^{\circ}44'04.68''\text{S} - 35^{\circ}15'47.12''\text{O}$) e a Av. Das Cirandas ($5^{\circ}44'01.66''\text{S} - 35^{\circ}15'31.48''\text{O}$) com comprimento de 800 m e 830 m respectivamente. Desse modo pela estimativa de área dos pontos a serem irrigados foi estimada uma área de 90.951 m², sendo os pontos de interesse ilustrados na figura 14 a seguir.

Figura 14: Imagem dos principais pontos públicos do bairro de Lagoa Azul.



Fazendo o cálculo de volume de água necessária para o bairro de Lagoa Azul, com um número de 3 feiras livres cadastradas, temos um valor de 140.326 L através da fórmula 02.

Com um valor aproximado de 140 m³ de água, dar-se-ão necessário 14 voltas para o caminhão pipa, pelo fato de que o volume máximo de transporte do caminhão é de 10 m³. Através da figura 15, pode-se observar o percurso sugerido, com uma distância de 19,6 km abrangendo os pontos e as avenidas de interesse.

Figura 15: Imagem satélite do sistema proposto para o bairro de Lagoa Azul



Fonte: Google Earth, 2020. Elaborado pelo autor

Através do cálculo de produtividade horária obtém-se o tempo necessário que o caminhão levará para irrigar todos os pontos do trajeto, onde chegou-se a um valor de 8,9 m³/h de acordo com a fórmula 01.

Com o volume total de aproximadamente 140 m³ de água, e a produtividade horária de 8,9 m³/h, o tempo necessário para irrigação desse sistema é de 21 horas e 34 minutos

Para alcançar o tempo máximo de 8 horas diária visando enquadramento no horário comercial, se faz necessário a utilização de 3 caminhões para esse bairro dessa forma atingindo um tempo de aproximadamente 7 horas e 11

minutos para cada caminhão pipa. Através da tabela 17 é possível observar o custo estimado de um dia para a realização do trajeto proposto.

Tabela 17: Custo diário para trajeto do bairro de Potengi

Cálculo de custo do trajeto

Custo Unitário	Quilometragem	Voltas	Custo Total
R\$ 0,87/km	19,6 km	14	R\$ 238,7

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como as avenidas que receberão o sistema autônomo apresentam comprimento de 800 m e 830 m, admite-se área de 3.200 m² e 3320 m² de área, sendo necessário 4,800 m³ e 4,980 m³ de volume d'água. Para esse volume admite-se a utilização de um reservatório cilíndrico em prfv c/ escotilha 10.000 L que custa R\$ 3.480,00 unidade para as Avenidas Da Chegança e Das Cirandas, visto que essas ruas são perpendiculares havendo a possibilidade da utilização de apenas um reservatório mediante o volume combinado das duas avenidas ser inferior a 10.000 L. Na Tabela 18 é possível observar o total do custo necessário para a implementação do sistema autônomo de irrigação para o bairro Lagoa Azul.

Tabela 18: Quantitativo mensal / anual do sistema autônomo de Lagoa Azul

Implantação dos reservatórios	Quantidade	Valor
Reservatório	1x (10.000L)	R\$ 3.480,00
Válvula Elétrica Solenoide	1x	R\$ 458,20
Controlador Rain Bird	1x	R\$ 488,00
Mangueira Santeno	2x	R\$ 1.792,00
Total		R\$ 6.218,20

Fonte: Elaborado pelo Autor

Dessa maneira, as estimativas dos custos operacionais para o bairro de Lagoa Azul se dariam de acordo com a tabela 19. Nota-se que para o custo mensal não é levado em conta o custo do EPI e da implantação do reservatório visto que não é um custo fixo, sendo assim é somente contabilizado no custo do primeiro ano.

Tabela 19 - Quantitativo mensal / anual dos custos para o bairro de Lagoa Azul

Parâmetros	Custo	Quantidade	Custo mensal	Custo anual
Adicional de insalubridade	R\$ 418,00	6 Funcionários	R\$ 2.508,00	R\$ 30.096,00
Custo por km rodado	R\$ 0,87	196 km	R\$ 2.387,00	R\$ 28.644,00
EPI's	R\$ 1.186,70	6 Kits	-	R\$ 7.120,20
Implantação do reservatório	R\$ 6.218,20	1 Res.	-	R\$ 6.218,20
Valor Total			R\$ 4.895,00	R\$ 72.078,40

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com um custo anual de R\$ 72.078,4 e considerando que o bairro de Lagoa Azul é um dos mais afastados da Estação de Tratamento, mostra-se ser um sistema satisfatório, onde concederá uma irrigação para uma vasta área de mais de 9 hectares, sendo constituído tanto por sistema autônomo quanto por irrigação de caminhão pipa, e estabelecendo o reúso de aproximadamente 140 m³/dia de água.

5.6 Projeção geral

Analisando o sistema como um todo, os números obtidos mostram a magnitude e proporção que cada bairro terá mediante a logística e suas dificuldades operacionais, assim como o cotejamento entre o aporte financeiro necessário a implantação do sistema e a quantidade de água tratada (Tabela 20).

Tabela 20: Projeção geral dos custos e respectivos retornos

CUSTOS	BAIRROS					Total
	Pajuçara	Potengi	Redinha	Igapó	Lagoa Azul	
Implantação	R\$ 0,00	R\$ 16.806,40	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 6.218,20	R\$ 23.024,60
Operação (anual)	R\$ 40.348,20	R\$ 97.621,60	R\$ 17.925,40	R\$ 14.829,40	R\$ 65.860,20	R\$ 236.584,80
Volume de água economizada (m ³ /ano)	17.352	22.764	4.596	2.256	16.800	63.768
Tarifa Pública (Fonte: Caern)	R\$ 11,06	R\$ 11,06	R\$ 11,06	R\$ 11,06	R\$ 11,06	R\$ 11,06
Custo de operação sem reúso (R\$/ano)	R\$ 191.913,12	R\$ 251.769,84	R\$ 50.831,76	R\$ 24.951,36	R\$ 185.808,00	R\$ 705.274,08
Balanço anual (R\$/ano)	R\$ 151.564,92	R\$ 154.148,24	R\$ 32.906,36	R\$ 10.121,96	R\$ 119.947,80	R\$ 468.689,28
Retorno do valor de implantação (ano)	< 1 ano	< 1 ano	< 1 ano	< 1 ano	< 1 ano	< 1 ano

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com um valor total de R\$ 259.609,40 no primeiro ano para a implementação da proposta de reúso e nos anos seguintes um custo de operação de R\$ 236.584,80, atinge-se um volume total de 63.768 m³/ano que seria empregado nos pontos de irrigação determinados. Também é notável que caso o mesmo sistema fosse aplicado com água tratada (fornecida pela CAERN), o custo chegaria a R\$705.273,08 além dos aditivos de operação, o que resulta em um excedente de pelo menos R\$ 468.689,28, desse modo o retorno financeiro investido na implantação consegue ser recuperado em menos de ano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise dos dados, evidencia-se o grande potencial que a atividade de reúso dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos do Jaguaribe para irrigação de canteiros, praças, campos, quadras e feiras livres detêm para o desenvolvimento ambiental e sustentável da cidade de Natal.

O levantamento preliminar de custos realizado indicou que seriam necessários investimentos da ordem de R\$ 240.000,00 para implantação e operação no primeiro ano de funcionamento do sistema de reúso em 5 bairros da zona norte com economia estimada de R\$ 468.000,00 onde em menos de 1 ano se teria o retorno do investimento de implantação.

Além dos aspectos econômicos, a implantação do sistema de reúso proposto neste trabalho traria benefícios ambientais, tendo em vista a substituição de 63.768 m³ ao ano de água tratada que poderia ser preservada para fins mais nobres como o abastecimento humano.

Tal aspecto, torna-se ainda mais relevante quando se considera o cenário de expansão da zona norte de Natal, o que implica em maior necessidade de exploração dos mananciais de água para atender a demanda da população ao longo dos anos.

Outro ponto que se destaca, é que para a implantação de projetos desta natureza, faz-se necessário a elaboração de legislação específica para o reúso no âmbito nacional que represente todos os estados, fazendo com que ocorra uma padronização nos parâmetros qualitativos a serem levados em consideração quando se tem o interesse de implementação desta prática.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969 - **Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos** - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

ADP – **Grupo Águas de Portugal, Relatório de Sustentabilidade 2018**, <https://www.adp.pt/pt/sustentabilidade/boas-praticas/eficiencia-hidrica/?id=56>. Acesso em: 21 de Julho de 2020.

ALIPIO, J. A. G. N. **Análise da viabilidade de implantação de sistema de reúso de água de lagoas de captação para irrigação de canteiros em Natal-RN** / Jovana Aparecida de Góis Nunes Alipio. - 2019. 97 f.: il.

ANP – Agência Nacional de Petróleo
http://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Por_Municipio_Posto.asp, Acesso em 15 de setembro de 2020

BASTOS, R.K.X.; KIPERTOK, A.; CHERNICHARO, C.A.L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L.O.; VON SPERLING, M.; AISSE, M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELI, R. P. Subsídios à Regulamentação do Reúso de Água no Brasil – Utilização de Esgotos Sanitários Tratados para Fins Agrícolas, Urbanos e Piscicultura. **Revista DAE**, v.177, 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Limite de tolerância**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 -NR 15

BREGA FILHO, D., MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C.S, SANTOS, H. F (Editores) Reúso de água. 1. ed. São Paulo: Manole, 2003, cap. 2. p. 21-36.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reuso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CAERN - Projeto executivo e Memorial Descritivo, da estação de tratamento de esgoto do Jaguaribe, Caern 2019.

CERTA Engenharia e Incorporação. **Imagem por drône da ETE do Jaguaribe**, 2020

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Conservação e reúso de edificações**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>> Acesso em 16 out.2020

FEIRA MAPS, Prefeitura de São Paulo
www9.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/sdte/pesquisa/feiras/lista_completa.html,
Acesso em 06 de novembro de 2020.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo RS, 2017.

FILHO, J. L. **Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado das Águas e Algumas Considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). **Tratamento e utilização de esgotos Sanitários**. PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.

LIBUTTI, Angela. **Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions**. Agricultural Water Management, v. 196, p. 1-14, 2018. Disponível em: . Acesso em: 30 jun. 2018.

MAGAZINE DO EPI, **Sem fronteiras para proteger**
<https://www.magazinedoeipi.com.br/c/vestimenta/macacao/155320-SIT.html>
Acesso: 14 de setembro de 2020

NRC. (2012). **Water reuse: Potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater**. Washington, DC: The National Academies Press.

LAVRADOR FILHO, J.; NUCCI, N. L. R. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LEE, L.Y .; ONG, C.N. **Frontier Research in Environment and Water: Integrated Research Approach for Sustainable Solutions**. In **50 years of environment. Singapore Day towards environmental sustainability**; Tan, Y.S., Ed. Science Worldwide, pp. 85-125, Singapore, 2016.

LUCENA, C. Y. De S. **O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, p. 1-17, 2018.

MACINTYRE Archibald Joseph. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**, Vol 1,1990.

NUVOLARI, A. (coordenação). **Esgoto sanitário: coleta transporte tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 520 p.

OGOSHI M., SUZUKI Y., and ASANO T. **Advanced Wastewater Treatment Division**, Public Works Research Institute, Ministry of Construction. Water Science and Technology Vol 43 No10 pp 17–23. Japan, 2001.

PEDRERO F., KALAVROUZOTIS L., ALARCÓN J., KOUKOULAKIS P. **Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture**—Review of some practices in Spain and Greece. Agricultural Water Management, v. 97, n. 9, p. 1233-1241, 2010. Disponível em: Acesso em: 20 abr. 2020

PROGNÓSTICO e **alternativas para a universalização objetivos e metas**. https://www2.natal.rn.gov.br/seharpe/File/PROGNOSTICO_PMSB_NATAL.pdf, Acesso em 27 de outubro de 2020.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. São Paulo, p. 16, 2005.

SANCHEZ-FLORES, R., CONNER, A., & KAISER, R. A. **The regulatory framework of reclaimed wastewater for potable reuse in the United States**. International Journal of Water Resources Development, 32(4), 536–558, 2016.

SEMSUR - Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Natal – **Feiras Livres**, natal.rn.gov.br/feiraslivres, Natal (RN) 2020.

SEMURB. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal. **Anuário Natal 2014**. Natal (RN): SEMURB, 2014.

SEMURB, Secretaria municipal de meio Ambiente e Urbanismo - **Região Administrativa Norte**, natal.rn.gov.br/semurb Caern, Natal (RN) 2017.

SILVA, A. C. R. **Caracterização dos efluentes tratados em estações comp.actas para reuso direto não potável urbano em Maceió**. 2019. 96 f.

SILVA, K.C.; SANTOS, R. A.; SANTOS, A. S. P. **Estudo sobre a Atual Situação do Reuso de Águas Servidas Tratadas no Brasil e no Mundo**. XVII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis/SC (2016).

SINAPI, **Consulta Pública lote 3 saneamentos infraestrutura urbana / Sinapi_cp_mt3_transporte_carga_descarga**, data de acesso: 06 de setembro de 2020.

SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC - análise de perigos e pontos críticos de controle: estudo de caso Residencial Valville I / A.F.S. de Sousa**. -- ed.rev. São Paulo, 2008.176 p.

TRENNEPOHL, Felipe Gustavo. **Projeto de reúso urbano não potável – Ete Insular, em Florianópolis/ SC**. Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018

WORD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and public health safeguards.** Geneva, 1973.

Yi, L., Jiao, W., Chen, X., & Chen, W. (2011). **An overview of reclaimed water reuse in China.** Journal of Environmental Sciences, China, 2011.