

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
***CAMPUS* ARAPIRACA**
CURSO ARQUITETURA E URBANISMO

DALILA VITÓRIA DA SILVA SANTOS

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS
URBANOS COMO ESTRATÉGIA DE ECONOMIA CIRCULAR EM
ARAPIRACA-AL

ARAPIRACA
2023

DALILA VITÓRIA DA SILVA SANTOS

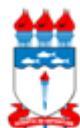
ANÁLISE DE VIABILIDADE DE REUSO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS URBANOS
COMO ESTRATÉGIA DE ECONOMIA CIRCULAR EM ARAPIRACA-AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final à obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

ARAPIRACA

2023



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Campus Arapiraca - BCA

S237p Santos, Dalila Vitória da Silva
Análise de viabilidade de reuso de efluentes domésticos urbanos como estratégia de economia circular em Arapiraca-AL / Dalila Vitória da Silva Santos. – Arapiraca, 2023.

71 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2023.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
Referências: f. 68-70.
Apêndices: 71.

1. Água - Reuso 2. Reutilização da água 3. Economia circular 4. Sustentabilidade e meio ambiente 5. Efluentes 6. Resíduos, Aproveitamento de I. Pereira, Thiago Alberto da Silva II. Título.

CDU 72

Dalila Vitória da Silva Santos

Análise de viabilidade de reuso de efluentes domésticos urbanos como estratégia de economia circular em Arapiraca-AL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas/Campus Arapiraca, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Data de Aprovação: 31/07/2023.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 THIAGO ALBERTO DA SILVA PEREIRA
Data: 25/08/2023 14:15:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira
Universidade Federal de Alagoas
Campus Arapiraca
Orientador

Documento assinado digitalmente
 EDLER OLIVEIRA SANTOS
Data: 28/08/2023 08:41:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Edler Oliveira Santos
Universidade Federal de Alagoas
Campus Arapiraca

Documento assinado digitalmente
 SIMONE RACHEL LOPES ROMÃO
Data: 28/08/2023 10:19:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Ma. Simone Rachel Lopes Romão
Universidade Federal de Alagoas
Campus Arapiraca

DocuSigned by:


Felipe Eduardo Soares Souza Barbosa
Superintendente de Meio Ambiente e Sustentabilidade
Prefeitura Municipal de Arapiraca
Examinador Externo

Dedico este trabalho à minha mãe, sua história de vida é meu maior exemplo de força e coragem. Sua entrega e dedicação para com nossa família é fonte de inspiração nas minhas escolhas, agradeço por todo apoio e incentivo até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e por todas as bênçãos durante esta graduação, viver essa conquista é uma das maiores felicidades da minha vida. O Senhor sempre conduziu minha trajetória e me deu forças para continuar.

À minha mãe, Edna Maria, por ser meu maior exemplo de integridade, bondade e justiça. Obrigada por sempre apoiar minhas escolhas. És meu porto seguro, meu incentivo e acolhimento. Sempre reconhecerei seu esforço e dedicação para a realização dos meus sonhos.

Às minhas irmãs, Kamylla e Karine, por serem minha fonte de inspiração e persistência. Essa conquista é por todas nós.

Aos meus sobrinhos, Ruan e Willyan, que mesmo que não compreendam, pela pouca idade, são forças estimulantes na caminhada para a realização dos meus objetivos.

Aos meus familiares e amigos, pelos momentos compartilhados até aqui, que foram essenciais para recarregar as energias e persistir. Em especial aos amigos que fiz nesta cidade, por transformá-la em meu segundo lar.

A todos que tive a honra de trabalhar ao longo do curso, em especial, Débora, João e Mariana, por todas as horas e madrugadas compartilhadas. À Atlética Zênite, a qual tive a honra de compor a diretoria. E ao meu grupo LDP, onde fiz amizades que desejo levar por toda vida.

Aos meus professores, que carrego lembranças com muito carinho e admiração, por serem minhas inspirações profissionais. Em especial ao meu orientador, Thiago Pereira, por todo ensinamento compartilhado, e pela oportunidade de trabalhar com um tema tão importante na atualidade e na minha área, sendo Técnica em Meio Ambiente.

E a mim, por todas as escolhas, renúncias, dedicação e ser fiel aos meus limites, por aprender a esperar e confiar. Foram anos de luta, mas também foram anos de vitórias. Finalizo com um enorme sentimento de gratidão, e sempre lembrarei dessa etapa com muito carinho.

“[...] para se alcançar soluções ecológicas para o saneamento é necessário que haja mudanças no modo como as pessoas pensam e agem com relação aos resíduos por elas gerados.” (BAZZARELLA, 2005, p. 23).

RESUMO

O termo sustentabilidade tem sido oficialmente utilizado após a ECO-92, Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1992. Desde então, a urgência em adotar estratégias sustentáveis para a preservação dos recursos naturais se tornou mundial. A água é o recurso natural mais importante para a perpetuação da vida na terra, visto que está presente, direta ou indiretamente, em todas as atividades conhecidas e realizadas pelo ser humano. A terra é composta por aproximadamente 70% de água, entretanto, apenas 1% de sua água é potável, sendo importante citar a prática de reuso de água em atividades que admitem seu uso em qualidade inferior nos seus processos, sejam elas de origem urbana, industrial, ambiental ou agrícola. Diante disso, o presente trabalho busca analisar uma estratégia de economia circular de água entre a Unimed Metropolitana do Agreste e a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Residencial Riviera do Lago, duas instituições localizadas na cidade de Arapiraca-AL, que possuem importantes valores ambientais, que visam contribuir com o desenvolvimento sustentável em seus empreendimentos e na cidade que estão inseridas. Para a realização dessa proposta foram analisadas características topográficas e parâmetros de qualidade da água residuária proveniente da ETE do residencial, através de aplicação de questionário, contato virtual e visitas presenciais. Essa proposta altera o destino final do efluente tratado, prolongando o ciclo da água que seria lançada no Lago da Perucaba, utilizando-a no processo de irrigação da área paisagística da Unimed, que utiliza água potável para realização dessa prática. Por fim, é possível concluir que a aplicação da proposta é relevante, tanto em relação a qualidade da água tratada e as características topográficas da área de estudo, quanto a contribuição das instituições em mais uma prática sustentável, todavia que é possível prolongar o ciclo da água que seria despejada no corpo hídrico de destino.

Palavras-chave: reuso; efluentes; irrigação; economia circular; Arapiraca.

ABSTRACT

The term sustainability has been officially used after ECO-92, the United Nations Conference on Development and Environment, held in Stockholm in 1992. Since then, the motivation to adopt strategies for the preservation of natural resources has become global. Water is the most important natural resource for the perpetuation of life on earth, since it is present, directly or responded to, in all activities known and carried out by human beings. The earth is composed of approximately 70% water, however, only 1% of its water is potable, it is important to mention the practice of water reuse in activities that allow its use in inferior quality in its processes, whether of urban origin, industrial, environmental or agricultural. In view of this, the present work seeks to analyze a strategy of circular economy of water between Unimed Metropolitana do Agreste and the Effluent Treatment Station (ETE) of Residencial Riviera do Lago, two institutions located in the city of Arapiraca-AL, which have values important environmental projects, which aim to contribute to sustainable development in its enterprises and in the city in which they are located. In order to carry out this proposal, topographical characteristics and quality parameters of the residual water from the residential ETE were observed, through the application of recommendations, virtual contact and face-to-face visits. This proposal alters the final destination of the treated effluent, prolonging the cycle of water that would be released into Lago da Perucaba, using it in the irrigation process of Unimed's landscape area, which uses potable water to carry out this practice. Finally, it is possible to conclude that the application of the proposal is relevant, both in relation to the quality of the treated water and the topographic characteristics of the study area, as well as the contribution of the institutions in one more sustainable practice, however that it is possible to extend the cycle of water that would be dumped into the destination water body.

Keywords: reuse; effluents; irrigation; circular economy; Arapiraca

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Tríade da Sustentabilidade.....	20
Figura 2	- Processo seguido pelo modelo de economia linear.....	21
Figura 3	- Processo seguido pelo modelo de economia circular.....	21
Figura 4	- Modelo de vaso sanitário segregador.....	25
Figura 5	- Exemplo de estrutura de um banheiro seco.....	26
Figura 6	- Esquema da fossa séptica biodigestora.....	27
Figura 7	- Esquema do tanque de evapotranspiração.....	27
Figura 8	- Localização da SEDE do Projeto Aquapolo.....	30
Figura 9	- Estação de tratamento Aquapolo Ambiental.....	31
Figura 10	- Processo de produção da água de reuso do Projeto Aquapolo.....	31
Figura 11	- Localização das instalações da Refinaria Duque de Caxias (Reduc).....	33
Figura 12	- Localização das instalações do Polo Gaslub.....	33
Figura 13	- Localização do Estádio Valdemar Viana de Araújo.....	34
Figura 14	- Foto da visão superior do Resort Iberostar.....	35
Figura 15	- Principais locais de interesse.....	45
Figura 16	- Informações topográficas.....	46
Figura 17	- Casa de gerador.....	47
Figura 18	- Desenho técnico da casa de gerador (casa de máquina).....	48
Figura 19	- Pré-tratamento.....	48
Figura 20	- Desenho técnico da etapa de pré-tratamento.....	49
Figura 21	- Filtro biológico e elevatória.....	50
Figura 22	- Reator UASB.....	50
Figura 23	- Leito de secagem.....	52
Figura 24	- Desenho técnico da etapa de secagem do lodo.....	52
Figura 25	- Câmara de contato.....	53
Figura 26	- Placas solares na cobertura do estacionamento.....	54
Figura 27	- Ponto de Entrega Voluntária.....	54
Figura 28	- Estação de Tratamento de Esgoto da Unimed Metropolitana do Agreste.....	54
Figura 29	- Planta de layout da ETE Unimed Metropolitana do Agreste.....	56
Figura 30	- Área de vegetação paisagística.....	56
Figura 31	- Área de plantação frutífera.....	57

Figura 32 – Tabela sobre a composição típica de esgoto sanitários de concentração média.....	59
Figura 33 – Exemplo de escadaria hidráulica para transporte do efluente tratado.....	62
Figura 34 – Tabela sobre a caracterização dos esgotos tratados na ETE do Residencial Riviera.....	63
Figura 35 – Tabela sobre parâmetros após tratamento da ETE da Unimed.....	64
Figura 36 – Esquematização do destino atual e proposto para o efluente.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Indicadores responsáveis pela caracterização da água.....	36
Quadro 2	- Comparação do tratamento terciário no projeto inicial e após a adequação.....	60
Quadro 3	- Comparação da etapa final no projeto inicial e após a adequação.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EC	Economia Circular
Embasa	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NMP	Número Mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PDPA	Plano Diretor Participativo do Município de Arapiraca
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNSSU	Política Nacional de Sustentabilidade do Sistema Unimed
Reduc	Refinaria Duque de Caxias
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEMARH- AL	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SMDUMA	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UNCHE	United Nations Conference on the Human Environment

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$\mu\text{S}/\text{cm}$	Microsiemens por centímetro
R\$	Reais
km^2	Quilômetros quadrados
m	Metros
mg	Miligrama
mg/L	Miligrama por litro
ml	Mililitro
L	Litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Sustentabilidade e economia circular	17
3.2	Reuso de efluentes	23
3.2.1	Exemplos de produção e utilização das águas de reuso.....	29
3.2.1.1	<i>Projeto Aquapolo</i>	29
3.2.1.2	<i>Petrobras e Águas do Rio</i>	32
3.2.1.3	<i>Afogados da Ingazeira – Sistema de Reuso de Água</i>	33
3.2.1.4	<i>Reuso de água para irrigação de área verde no Hotel Resort Iberostar</i>	35
3.2.2	Uso de água residuária para irrigação.....	35
3.3	Desenvolvimento sustentável em Arapiraca	38
4	METODOLOGIA	44
4.1	Coleta de dados	44
4.2	Área de estudo	44
4.2.1	Residencial Riviera do Lago.....	46
4.2.2	Unimed Metropolitana do Agreste.....	53
5	RESULTADOS	58
5.1	ETE do Residencial Riviera do Lago	58
5.2	ETE da Unimed Metropolitana do Agreste	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A UNIMED	71

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países privilegiados quando o assunto é a disponibilidade de água, no entanto, os níveis de água vêm diminuindo em todo o planeta. Segundo o mapeamento realizado por MapBiomias em 2021, sobre a dinâmica da água em território nacional, nos últimos 36 anos, o Brasil sofreu uma perda de 15% da superfície de água. E quase 40% da água potável do Brasil é desperdiçada, de acordo com o estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil, a partir de dados públicos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2019.

É de responsabilidade do poder público a realização de um manejo adequado dos recursos hídricos e a utilização de uma estrutura que garanta a qualidade da água da distribuição até o consumo, sem eventuais contaminações e vazamentos ao longo do percurso. A falta de saneamento básico de qualidade afeta diretamente o acesso à água, todavia que, vivenciando a crise hídrica dos últimos anos, intensificada em 2015, os serviços de saneamento deveriam ser direito universal, como a Constituição Federal expõe.

“Em 2013, primeiro ano que o instituto começou a pesquisar o consumo de água no país, a média era de 121 litros por dia por família. O período da pesquisa atravessa o ano de 2015, marcado por uma crise hídrica no país, quando a média caiu para 114 litros/dia.” (FOLHA DE PERNAMBUCO, 2020). Disponibilizar o sistema de tratamento de esgoto, que é um dos pilares do saneamento básico mais escasso no país, contribui para proteger os mananciais, diminuir consumo de água potável em atividades que admite água de qualidade inferior, promover saúde pública, entre outras contribuições.

Diante desse cenário, é necessária uma sensibilidade ambiental por parte da população para fazer o uso racional deste recurso, além do desenvolvimento de novos modelos de saneamento para a busca estratégica da autossustentabilidade por parte dos governantes, a fim de evitar o desperdício e prolongar a vida útil da água. Podendo ser citadas três tipos de água de reuso que são as soluções sustentáveis mais populares na atualidade: reuso de águas cinzas, de águas amarelas e de águas negras.

As águas cinzas são originárias das atividades residuais das edificações, e podem ser reutilizadas após o processo de filtragem em diversos usos não potáveis. As águas amarelas recebem esse nome por serem provenientes da urina, e em alguns casos, podem ser reutilizadas até mesmo sem tratamento. Já as águas negras são efluentes que possuem grandes cargas de matéria orgânica, entre elas, matéria fecal, e apresenta o tratamento mais complexo do que as citadas anteriormente, devido a facilidade de contaminação.

O uso racional da água é capaz de minimizar os efeitos da crise hídrica e colaborar com a sustentabilidade do planeta, visto que a água é um recurso limitado. Diminuir o consumo de água potável em determinadas atividades domésticas e até mesmo processos industriais, como lavagens de calçadas e tanques, sendo eles nocivos à saúde humana, são soluções sustentáveis simples de serem aplicadas.

Diante disso, foram escolhidas duas instituições que possuem apelo ambiental em seus valores como objeto de estudo do presente trabalho. A primeira é a Unimed Metropolitana do Agreste, que utiliza placas solares em sua estrutura e possui sistema de reuso de águas residuárias, e a segunda é o Residencial Riviera do Lago, que possui uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uso exclusivo do residencial, para posterior lançamento no corpo hídrico sem ser responsável por contribuir com sua contaminação.

O presente trabalho busca analisar uma estratégia sustentável utilizando o reuso de água, onde as duas instituições realizam tratamento de seus efluentes, como foi citado anteriormente. Porém, enquanto uma trata seus próprios efluentes e o utiliza em determinadas atividades, a outra trata seu efluente e realiza o lançamento no corpo hídrico presente nas proximidades, diminuindo a demanda de organismos patogênicos e contaminantes lançados diariamente.

Visto que a água de reuso gerada pela Unimed é utilizada apenas para irrigar parte das áreas verdes da unidade, a pesquisa consiste em analisar a qualidade da água de reuso gerada pela ETE do Riviera, para abranger essa atividade para todas as áreas verdes presentes no edifício. A atuação em conjunto das duas unidades contribui com a sustentabilidade e cria um sistema inovador para a cidade de Arapiraca-AL, podendo influenciar novas práticas sustentáveis no município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar uma estratégia de economia circular de água de reuso entre duas instituições localizadas na cidade de Arapiraca-AL, a Unimed Metropolitana do Agreste e o Residencial Riviera do Lago, utilizando os parâmetros obtidos dos efluentes domésticos após seu tratamento.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o tratamento de efluentes realizado pela ETE do Residencial Riviera do Lago.
- Analisar a viabilidade da utilização de efluentes doméstico urbano em áreas paisagísticas da Unimed Metropolitana do Agreste.
- Identificar a importância do sistema de reuso de água adotado para a preservação do corpo hídrico local.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sustentabilidade e economia circular

Segundo Boff (2012), o conceito de sustentabilidade já vinha se tornando importante há mais de 400 anos, no mundo antigo e na Idade Moderna, quando a madeira era a principal matéria prima. Ela estava presente na construção de casas, móveis, aparelhos agrícolas e navios, assim como também foi amplamente utilizada para fundir metais e como combustível para preparar alimentos e aquecer casas. Com o amplo uso em produtos e atividades, as florestas beiravam a escassez, e então surgiu a preocupação pelo uso racional das florestas.

Todavia, o conceito de sustentabilidade que conhecemos e utilizamos atualmente começou a ser desenvolvido a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment – UNCHE), realizada em Estocolmo em 1972. Esta foi a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, porém não trouxe o resultado esperado acerca da popularização do tema, tendo a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (United Nations Environment Programme – UNEP).

Conforme o site da UNEP (2020), o PNUMA é a principal autoridade ambiental global que estabelece a agenda internacional no tema. Ele é responsável pela implementação coerente da dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável no Sistema das Nações Unidas e serve como defensor do meio ambiente no mundo. Através do trabalho em conjunto com outras organizações, ele funciona como uma espécie de catalizador para estimular a participação de mais instituições e especialistas em acordos e programas ambientais.

“Sua missão é prover liderança e encorajar parcerias na proteção do meio ambiente inspirando, informando e permitindo que países e pessoas melhorem sua qualidade de vida sem comprometer as futuras gerações.” (UNEP, 2020)

Outra conferência foi realizada em 1984, sendo responsável pela criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD, ela contou com Gro Harlem Brundtland como presidente e Mansour Khalid como vice-presidente. A comissão foi criada a partir da avaliação de 10 anos da Conferência de Estocolmo, com a finalidade de promover audiências e produzir um resultado formal das discussões relacionadas ao tema.

Após 20 anos de sua realização, ocorreu em 1992 a ECO-92, Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente, onde foram produzidos diversos documentos relacionados a esse tema durante o evento, e a partir disso, a Organização das

Nações Unidas (ONU) colocou oficialmente a categoria Desenvolvimento Sustentável na agenda global.

Atualmente, a ONU apoia os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ela e seus parceiros no Brasil, reúnem esforços para atingi-los. Eles compõem uma agenda mundial para a construção e implementação de políticas públicas, visando erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente, o clima e os ecossistemas, a fim de que todo e qualquer indivíduo possa desfrutar de uma vida digna e próspera, guiando a humanidade para atingir a Agenda 2030 no Brasil.

Segundo o portal Estratégia ODS (2020), os objetivos foram construídos através de um processo que envolve o acúmulo de experiências, debates e negociações entre diversos países, incluindo o Brasil. Esse processo foi iniciado em 2013, porém, foram estabelecidos pela ONU apenas em 2015, podendo ser divididos em quatro dimensões principais: social, ambiental, econômica e institucional. Dessa forma, os ODS podem ser considerados um guia essencial para introduzir a sustentabilidade nos mais diferentes campos.

Os ODS foram estabelecidos pela ONU em 2015, ao todo são 17 objetivos, no qual são destrinchados em 169 metas para a Agenda. Eles vão além da preservação ambiental e manutenção dos recursos naturais, eles buscam também: erradicar a pobreza; garantir alimentação e agricultura sustentável; promover acesso a saúde e bem-estar; educação; assegurar a igualdade de gênero; universalizar o saneamento básico; popularizar a energia sustentável e acessível; melhorar condições de trabalho e crescimento econômico; assegurar industrialização e infraestrutura inovadores; reduzir desigualdade; moldar uma sociedade sustentável; proporcionar equilíbrio entre consumo e produção; promover o controle de mudança global do clima; proteger as vidas aquáticas e terrestres; promover instituições em busca da paz e justiça; além de buscar parcerias para a implantação dos mesmos.

Para alcançar os ODS, são necessários investimentos de outros países, sejam eles desenvolvidos ou em desenvolvimento. Há uma gama de possibilidades quando se trata desses países, mas a questão principal é o direcionamento desses recursos em causas e projetos com o tema desenvolvimento sustentável.

Os objetivos enumerados como 6, 11 e 12, e intitulados como, respectivamente, água potável e saneamento; cidades e comunidades sustentáveis; e consumo e produção responsáveis, são relacionados diretamente com o tema principal deste estudo. O saneamento básico precisa ser universalizado, assim como consta na Constituição Federal, e abrange quatro serviços: abastecimento de água; manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana; drenagem e manejo de água pluviais; e esgotamento sanitário.

A construção de cidades e comunidades sustentáveis está diretamente relacionada aos serviços de saneamento, onde eles devem atuar de forma eficaz, garantindo a saúde e o bem estar da população. É além da preservação do meio ambiente, se trata da distribuição de água de qualidade, preservação dos mananciais, produção e utilização responsável dos recursos naturais, visto que toda e qualquer atividade humana gera um resíduo, independentemente do estado da matéria e de suas propriedades. Diante disso, é importante entender brevemente o conceito de desenvolvimento sustentável para dar continuidade ao tema, sendo exposto a seguir:

O termo “desenvolvimento sustentável” foi reconhecido a partir do Relatório Brundtland ou como ficou conhecido “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, como um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se harmonizem e reforcem o potencial presente e futuro, para atender as necessidades e aspirações humanas (BARBOSA et. al., 2012, p. 31 apud. RELATÓRIO..., 1991).

A sustentabilidade pode ser observada a partir de três vertentes (Figura 1), são elas: ambiental, social e econômica. Onde a vertente ambiental tem origem na biologia, no qual deve-se considerar a valorização dos recursos naturais, encontrando um equilíbrio na utilização desses recursos, garantindo a preservação e manutenção do meio ambiente. Minimizando os impactos causados pela produção industrial, por exemplo, utilizando matérias primas renováveis, fazendo reuso de água, praticando a reciclagem.

A vertente social tem a sociedade como pilar principal, abrangendo todo e qualquer indivíduo envolvido nas atividades desenvolvidas em alguma empresa, como fornecedores, funcionários, consumidores e comunidade inserida, buscando adotar ações sustentáveis que garantam não apenas os direitos mínimos protegidos por lei, mas contribuindo com o desenvolvimento pessoal e coletivo da equipe de trabalho.

Já a vertente econômica visa o desenvolvimento econômico através da exploração dos recursos naturais de maneira consciente, a fim de garantir a manutenção desses recursos para atender as necessidades das gerações futuras, além disso, a mesma precisa ser capaz de consumir, produzir, distribuir produtos e oferecer seus serviços respeitando as condições de competitividade, visto que o lucro não pode ser gerado através da exploração do trabalho e de exploração criminosa do meio ambiente.

Figura 1 – Tríade da Sustentabilidade.



:
 Fonte: BARBOSA et. al., (2012) apud. RELATÓRIO..., (1991).

De acordo com o cenário atual, é notável que a vertente econômica é a mais valorizada entre as multinacionais, visto que o lucro é seu principal objetivo. Todavia, é possível encontrar um equilíbrio entre as demais vertentes, adotando ações que contribuam com o desenvolvimento sustentável mundial.

A empresa Havaianas, por exemplo, de acordo com informações fornecidas no site da empresa, possui o programa de logística reversa chamado Havaianas reCICLO em parceria com a TrashIn, startup especializada na gestão de resíduos. O programa é responsável por recolher sandálias e chinelos da marca que seriam descartados em lixões ou aterros, e direcioná-los para a reciclagem.

Além das vertentes citadas anteriormente, e para a construção deste trabalho, é importante citar o termo conhecido como Sustentabilidade Urbana, que visa atender as necessidades de todo e qualquer residente de um local, compreendendo as características individuais e necessidades atuais e futuras. Os residentes se tornam sujeitos do desenvolvimento urbano, que nasce a partir dele e para ele, e conseqüentemente, as ações para a preservação do meio ambiente urbano devem ser tomadas como prioridade. “Trata-se de assegurar condições dignas de vida urbana a todos, buscando um equilíbrio social e ambiental do planeta.” (SILVA, 2003, p.12).

Silva (2003) diz que a adoção de políticas públicas buscando a sustentabilidade urbana implica, portanto, repensar o modelo de desenvolvimento, repensar o desenvolvimento das relações sociais e econômicas na cidade e o papel do direito como propulsor do direito à

cidade sustentável. Trata-se, portanto, de gestão sustentável do espaço urbano, tendo em vista estratégias de inclusão social, equidade no acesso aos recursos ambientais e a realização da justiça ambiental.

Visando o alcance do desenvolvimento urbano sustentável, é possível citar uma abrangente lista de ações e medidas, para preservação dos recursos naturais que são diariamente utilizados para a perpetuação da vida humana, e um dos principais recursos é a água. Elemento essencial para a vida, constitui cerca de 70% da cobertura da superfície da Terra e da composição do corpo humano. E para que a água possa ser utilizada de todas as maneiras possíveis, antes de ser descartada, pode-se citar alguns tipos de reuso, para que saia de uma economia linear (Figura 2), onde se resume em extração do recurso hídrico, tratamento, consumo e descarte, que na maioria das vezes é realizado de maneira inapropriada, para uma economia circular (Figura 3), podendo reutilizar esse recurso natural para consumo não potável e prolongar sua vida útil.

Figura 2 – Processo seguido pelo modelo de economia linear.



Fonte: carinhoecogreen.com.br (2022).

Figura 3 – Processo seguido pelo modelo de economia circular.



Fonte: carinhoecogreen.com.br (2022).

A Economia Circular (EC) pode ser caracterizada como um processo que vincula o desenvolvimento econômico ao uso consciente dos recursos naturais, focando tanto nos modelos de negócios da atualidade, com tendência ao apelo ambiental, quanto na própria produção, que é voltada em matérias-primas renováveis, mais duráveis e recicláveis. Pensando desde insumo, planejamento e produção, até sua comercialização, para garantir o retorno ambiental idealizado.

Quanto a Política Nacional de Economia Circular, atualmente aguardando designação do relator, estabelecida pelo Projeto de Lei nº 1.874, de 2022 diz que:

Art. 3º São objetivos da Política Nacional de Economia Circular:

- I - promover a gestão estratégica, o mapeamento e o rastreamento dos estoques e fluxos dos recursos no território nacional;
- II - promover novos modelos de negócios baseados em critérios de circularidade e suas soluções;
- III - fortalecimento das cadeias de valor por meio da adição, retenção e recuperação do valor dos recursos;
- IV - incentivo à pesquisa, desenvolvimento e inovação para a promoção da circularidade;
- V - conscientização da sociedade sobre o melhor uso de recursos, produtos e materiais;
- VI - estímulo à oferta de soluções em economia circular;
- VII – incentivo às atividades voltadas para a economia circular como estratégia de desenvolvimento econômico e social do País. (BRASIL, 2022, p. 2)

Esse modelo econômico vai além das estratégias de reuso abordadas após a primeira Conferência das Nações Unidas, na década de 1970, onde indústrias repensavam suas próprias abordagens e estratégias. A economia circular, implantada nos tempos atuais, se desenvolve com uma visão abrangente de integração de empresas e hierarquia de produção, visto que um único produto é resultado de diversos processos, e provavelmente, realizado em diversas indústrias até chegar ao consumidor. Seu pilar principal é contribuir com o processo de reaproveitamento do que é desperdiçado no modelo de economia linear.

“Para integrar as cadeias de fornecimento, é preciso olhar para quem vende e quem consome seus produtos, encontrando e incentivando formas de reaproveitar e economizar recursos em todas essas áreas.” (CNN Brasil, 2021)

Compreendendo esse conceito, a instituição que promove a EC não necessariamente receberá o retorno diretamente, mas será contribuinte para o desenvolvimento deste tipo de Economia que não tem o lucro como objetivo principal. Segundo Ometto (2021), para a CNN Brasil (empresa de notícias brasileira licenciada pelo canal de televisão estadunidense CNN – Cable News Network), a principal diferença é que na economia linear verificam-se processos e buscam melhorias, o que na economia circular surge a necessidade de um sistema que precisa de colaboração e organização abrangente para ser funcional.

3.2 Reuso de efluentes

Segundo Andrade (2020), efluentes são resíduos originários dos processos produtivos, sejam industriais ou residenciais, que frequentemente são despejados diretamente no meio ambiente, nos estados líquido e gasoso. Seu estado líquido é comumente lançado nos corpos hídricos sem receber um tratamento prévio, prejudicando não somente a saúde desse recurso natural vital e a manutenção da vida presente nos rios, lagos e lençóis freáticos, mas também dificultando o tratamento necessário para o retorno deste recurso hídrico para consumo potável humano.

Bazzarella (2005) fala que em áreas densamente urbanizadas, o consumo de água nas edificações pode atingir até 50% do consumo total de água potável, e através da utilização de fontes alternativas de suprimento, como água da chuva, água do mar dessalinizada e águas cinzas, para fins não potáveis, como lavagem de veículo, regas e jardim e descargas de vasos sanitários, reduz o consumo de água potável entre 30 e 40%.

A contaminação dos corpos d'água causada pelo descarte convencional dos efluentes gera preocupação em todo o mundo, o sistema arcaico utilizado na maior parte das cidades vem se tornando cada dia mais preocupante. Com isso, é nítido o número de estudos realizados nos últimos anos que abordam o reuso de água, sejam elas cinzas, amarelas ou negras, onde há um leque de tratamentos que independem de sua origem, eles vão desde os mais tecnológicos aos mais simples, podendo ser realizados de forma doméstica.

O Projeto de Lei nº 1.874 está em análise desde 2020, quando foi apresentado por Geninho Zuliani (DEM-SP). De acordo com sua ementa, dispõe sobre o reuso de água para fins não potáveis em novas edificações públicas federais e privadas residenciais, comerciais e industriais, e dá outras providências. No entanto, alguns municípios criaram decretos quanto a essa demanda, como é o caso do Rio de Janeiro.

O Art. 1º do decreto nº 47.403 de 15 de dezembro de 2020, indica: Estabelecer a política de reuso de água para fins não potáveis, com o objetivo de viabilizar e estimular a sua prática no Estado do Rio de Janeiro.

As águas cinzas podem ser classificadas como águas residuárias, ou seja, são originárias das atividades residuais comuns das edificações, como água de pia, chuveiro, banheira, máquina de lavar e tanques. São todos os resíduos líquidos gerados que não tenham contato com os resíduos dos vasos sanitários, que por sua vez recebem tratamento mais complexo. Podem ser reutilizadas sem tratamento algum, de forma não potável, nas próprias atividades do dia a dia, como lavagem de calçadas, áreas externas, lavagem de carros e

descargas sanitárias.

Por outro lado, caso seja destinado ao despejo nos corpos hídricos, ou utilizado em atividades específicas, é necessário um tratamento prévio para que siga os parâmetros físicos, químicos e biológicos. Mesmo que, de certa forma, utilizar a água derivada da lavagem de roupas da máquina de lavar, por exemplo, para lavar as áreas externas de sua residência e lavagem de carros não apresenta grandes riscos à saúde humana, nem toda água cinza pode ser utilizada diretamente após o uso. Visto que, apesar de ser menos poluída que as demais águas residuárias, não está isenta de contaminação, como é o caso das águas de pia, por possivelmente conter partículas de gordura ou de produtos químicos presentes nas mãos dos indivíduos que a utilizam.

O tratamento desse tipo de água residuária é similar ao tratamento de esgoto convencional, porém de escala reduzida. As etapas podem variar de acordo com a efluente captada, e segundo Telles e Costa (2010), o tratamento se divide em quatro etapas: Tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar tem o objetivo de separar efluente líquido dos materiais sólidos mais grosseiros, com utilização de grades, por exemplo. O tratamento primário é a etapa de sedimentação, a fim de remover sólidos sedimentáveis, que com aditivos específicos chegam ao fundo do tanque, gerando o lodo. O tratamento secundário tem o objetivo de promover a degradação biológica da matéria orgânica, auxiliando na remoção dos coliformes e nutrientes, podendo utilizar processo aeróbico ou anaeróbico. Por fim, o tratamento terciário é responsável pela finalização do tratamento, removendo matérias e compostos que não foram eliminando com as etapas anteriores, e também nitrogênio e fósforo, finalizando com a desinfecção.

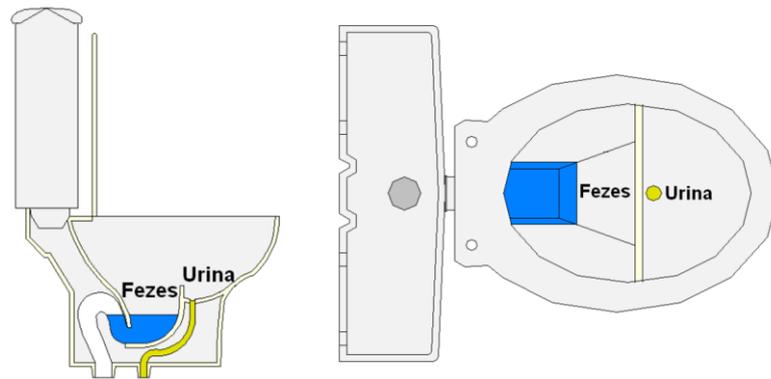
Águas amarelas são as águas residuárias geradas em vasos sanitários e mictórios onde há separação da urina, elas recebem esse nome devido ao principal componente deste resíduo líquido: a urina. Para a reutilização deste tipo de água servida, é necessário classificar o tipo de atividade que a utilizará, todavia que é uma importante fonte de nitrogênio e fósforo, podendo ser utilizada a partir de um tratamento prévio ou o mesmo pode ser dispensado, neste segundo caso, pode se fazer necessário apenas estocagem e observação, como comumente é utilizado quando destinado à agricultura.

Os principais processos de tratamento das águas amarelas, objetivando-se sua reciclagem na agricultura, são a estocagem em reservatórios fechados por períodos de tempo pré-determinados, a concentração para redução de volume e a precipitação de cristais (hidroxiapatita e estruvita). Dentre estes, a prática mais comum é a estocagem da urina, necessária para reduzir os riscos biológicos da sua utilização na agricultura. Embora ao sair dos

rins de indivíduos são a urina seja desprovida de patógenos, a contaminação é possível na saída da uretra. (ZANCHETA, 2007)

Uma das premissas necessárias para o reaproveitamento deste tipo de água é deste componente, que pode ser realizada em equipamentos distintos ou com vasos sanitários segregadores (Figura 4), onde há a separação de fezes e urina. Após a segregação, é necessário a coleta, e por fim, o tratamento quando se faz necessário.

Figura 4 – Modelo de vaso sanitário segregador.



Fonte: RIOS, E. C. S. V. (2008).

Já as águas negras são efluentes que possuem grandes cargas de matéria orgânica, sendo normalmente caracterizada pela presença de fezes, urina e papel higiênico, visto que sua principal fonte geradora são os vasos sanitários. Devido à grande carga de matéria orgânica e de agentes infecciosos, como coliformes fecais, é o tipo de água residuária que apresenta o tratamento mais complexo dos tipos citados anteriormente, devido à facilidade de contaminação.

O tratamento desse tipo de água é o que mais se assemelha ao tratamento convencional de esgoto, visto que na maioria das cidades não há separação dos tipos de água residuárias, elevando a presença das matérias orgânicas e bactérias, que são componentes característicos das águas negras. O que a difere do esgoto é o objetivo de reuso, reforçando a ideia de economia circular, prolongando sua vida útil.

Existem algumas maneiras e tecnologias que podem ser utilizadas para o tratamento das águas negras, desde residenciais até industriais, todas partindo do mesmo princípio de remoção dos agentes mais agressivos à saúde humana. A mais utilizada no Brasil ainda é a fossa séptica convencional, visto que o esgotamento sanitário é o pilar menos popular do saneamento básico. A fossa séptica convencional constitui em uma estrutura enterrada no solo, usada para receber e armazenar esgoto por um dado período de tempo, que geralmente varia de 5 a 10 anos,

e é vista apenas como “uma solução paliativa e temporária enquanto a ligação na rede de esgoto do município ainda não está disponível” (BRK Ambiental, 2020).

Fernandes et al. (2015) cita três tipos de tratamento de águas negras como principais: banheiro seco, fossa séptica biodigestora e o tanque de evapotranspiração. O banheiro seco (Figura 5) utiliza o processo de compostagem, onde dispensa consideravelmente ou totalmente o uso da água para transportar, armazenar e tratar os resíduos, construindo camadas de dejetos e serragens, formando o adubo para ser usado posteriormente.

“O banheiro seco é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo, como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália e que basicamente utiliza o processo de compostagem para tratar e sanitizar os dejetos humanos”. (ALVES, 2009, p. 37).

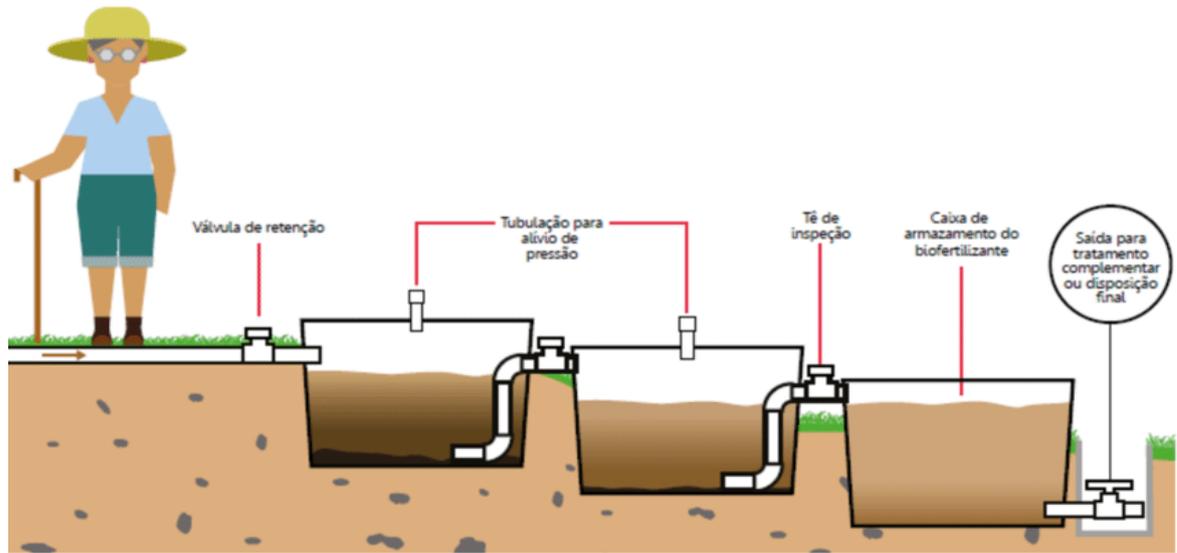
Figura 5 – Exemplo de estrutura de um banheiro seco.



Fonte: www.motherearthnews.com (2023).

A fossa séptica biodigestora (Figura 6) é considerada um sistema inovador que utiliza caixas coletoras enterradas no solo, ele sistema consiste em um tratamento biológico por ação de digestão fermentativa, sendo adicionado esterco bovino ou de outro animal ruminante diluído em água, produzindo adubo natural líquido. “O sistema básico, dimensionado para uma residência com até 5 moradores, é composto por três caixas interligadas e a única manutenção é adicionar mensalmente uma mistura de água e esterco bovino fresco (5 litros de cada).” (EMBRAPA, 2014).

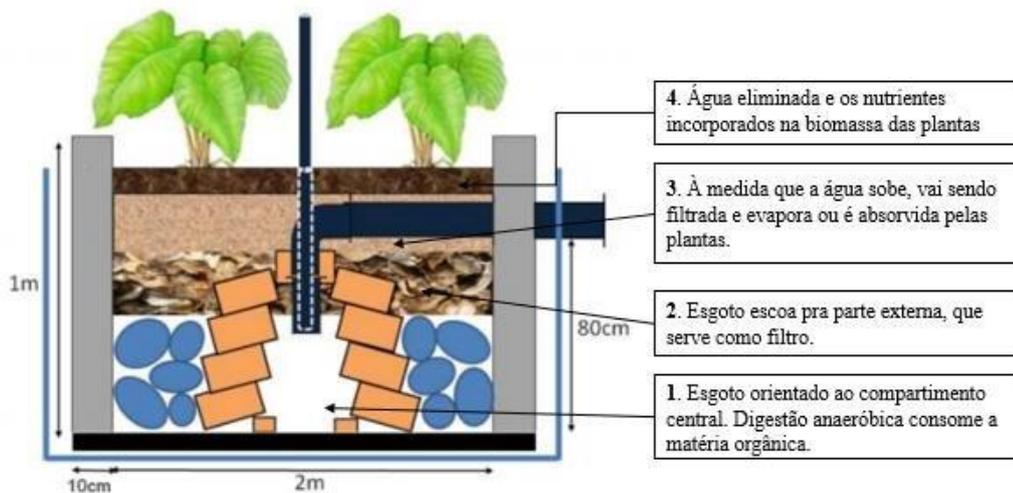
Figura 6 – Esquema da fossa séptica biodigestora.



Fonte: Tonetti et al. (2018).

E o tanque de evapotranspiração (Figura 7) é um tanque impermeabilizado construído em alvenaria, o efluente é direcionado para dentro de uma câmara feita com tijolos vazados por uma entrada no fundo, passando por todos os materiais que são distribuídos em camadas, onde ocorre a digestão aeróbica, e com o aumento do volume o efluente transborda, onde está presente uma camada de brita e areia, chegando ao solo filtrado, onde será absorvido e evaporado.

Figura 7 – Esquema do tanque de evapotranspiração.



Fonte: www.researchgate.net (2023).

Quanto ao tratamento de esgoto realizado por Estações de Tratamento de Esgoto

convencionais, onde não há separação dos tipos de efluentes, será necessário a remoção principalmente de fósforo e nitrogênio, por apresentar grandes concentrações e ameaçar a saúde dos corpos hídricos. Esses mesmos elementos que são vilões para a água, são valorizados quando utilizados no solo, salientando a importância da separação dos diferentes tipos e reuso dos efluentes.

Os requisitos de qualidade da água podem variar de acordo com seus diversos usos, sejam eles: urbanos, industriais, ambientais ou agrícolas. O Projeto de Lei do Senado nº 13, de 2015, busca alterar as Leis nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, (Política Nacional de Recursos Hídricos) e nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico) para promover o uso de fontes alternativas de abastecimento de água. Apesar de que no passado, a água era um recurso em abundância e de boa qualidade, ao decorrer dos anos esse cenário vem se modificando de acordo com o aumento da demanda e da poluição, trazendo para a atualidade a preocupação de preservação desse recurso. Sendo assim, o projeto de lei busca determinar que nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior, a não ser quando a disponibilidade for em abundância.

A opinião de Moreli (apud GOCKEL, 2007, p.1) é de que é preciso conscientização de todos sobre a questão da escassez de água, e indica que para que existam políticas públicas efetivamente sustentáveis, precisamos ampliar e radicalizar a conquista do controle social sobre elas. Para isso precisamos ampliar o nível de informação e consciência das pessoas, afinal só se preserva o que se ama e só se ama o que se conhece.

Quanto a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 1997, fundamenta em seu Art. 1º:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (BRASIL, 1997, p. 1)

O acesso à educação ambiental deveria ser um direito garantido a todos, todavia que somos o ambiente em que estamos inseridos e é dever de cada um preservá-lo. Muitas práticas que podem ser substituídas no nosso cotidiano influenciam na preservação do meio ambiente, e dos recursos hídricos. A popularização acerca do tema reuso de água é de extrema

importância, visto que além de diminuir o consumo de água potável, desperta a responsabilidade do uso racional dos recursos naturais e contribui para a construção de uma cidade sustentável.

3.2.1 Exemplos de produção e utilização das águas de reuso

Neste tópico serão apresentados empreendimentos e instituições localizados no Brasil que utilizam a estratégia de economia circular para dar uso ao efluente tratado. Dentre os exemplos que serão apresentados a seguir, existem os órgãos que produzem a água de reuso para terceiros utilizarem, e os que apenas utilizam dessa água que é produzida por terceiros. Dessa forma, entende-se como é possível implementar um sistema de economia circular de forma prática, unindo tecnologias e necessidades entre duas ou mais instituições.

Esses exemplos estão localizados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco e Bahia, respectivamente. Mostrando assim, que independente das regiões brasileiras apresentarem grande diferença econômica entre elas, onde segundo o IBGE (2020), a região nordeste detém 47,9% da concentração da pobreza no país, e a região sudeste apenas 17,8%, é possível adotar essa estratégia, através da realização de estudos científicos que busquem analisar o melhor sistema para implementação na região.

3.2.1.1 *Projeto Aquapolo*

O Projeto Aquapolo é um empreendimento inovador fundado em 2009 que atua com produção de água de reuso industrial, resultado da parceria entre GS Inima Industrial e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). É considerado o maior empreendimento desta área na América Latina e o quinto maior do planeta, tendo a sustentabilidade como pilar, seu propósito é transformar e inspirar a sociedade, por meio do reuso de água, contribuindo para perpetuar a vida.

Figura 8 – Localização da SEDE do Projeto Aquapolo.



Fonte: Google Earth (2023).

A SEDE do Aquapolo está localizado na capital do estado de São Paulo, na Av. Almirante Delamare, nº 3000, na Área 1 de Heliópolis (Figura 8), dentro da SABESP. O Aquapolo (Figura 9) fornece a água de reuso que produz para o Polo Petroquímico de Capuava e indústrias da Região do ABC Paulista, ele tem capacidade de produzir 1.000 litros de água de reuso por segundo, o equivalente ao abastecimento de água de 500 mil habitantes.

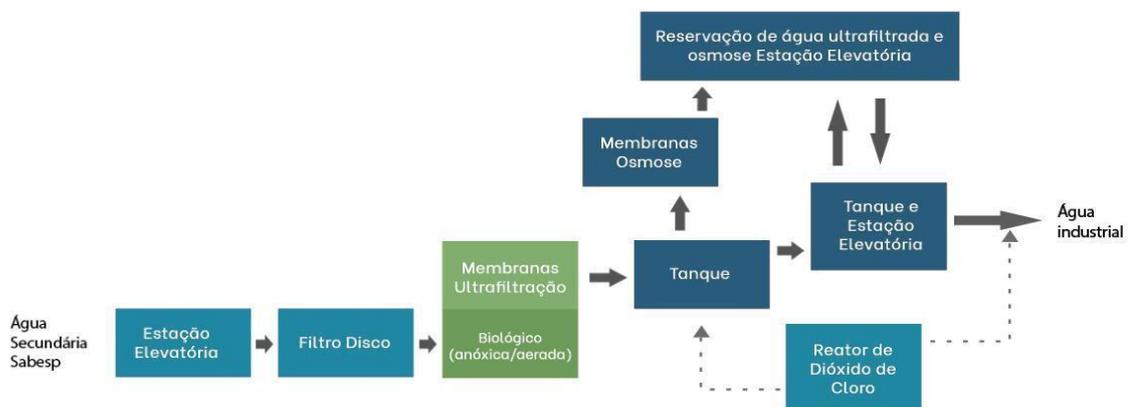
Figura 9 – Estação de tratamento Aquapolo Ambiental.



Fonte: saneamentoja.com.br (2021).

Após o processo de tratamento secundário de esgoto realizado pela Estação de Tratamento de Esgoto ABC da Sabesp, parte da vazão que seria despejada no Córrego Dos Meninos é destinada à operação do Aquapolo (Figura 10) para realização do tratamento terciário (utilizando sistemas de membranas de ultrafiltração e de osmose reversa) e distribuição dessa água industrial de altíssima qualidade para seus clientes, evitando o uso de água potável nos processos industriais. A condutividade final é de até $30 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 23°C ; com recuperação do sistema da ordem de 75%.

Figura 10 – Processo de produção da água de reuso do Projeto Aquapolo.



Fonte: www.aquapolo.com.br (2023).

A estação recebe o efluente secundário da Estação de Tratamento de Esgotos do ABC da SABESP e direciona para a primeira etapa do tratamento terciário realizado pela ETE do Aquapolo, a filtração realizada por filtros tipo disco. Após isso, é destinado ao reator biológico tipo carrossel, onde passa pelos processos biológicos anóxico e aeróbio, seguido do processo de separação física do lodo ativado realizada por membranas (TMBR – Tertiary Membrane Biological Reactor) de ultrafiltração (UF).

Após essa etapa, já é possível fazer o reuso direto deste efluente, seguindo legislação existente para classificar o tipo de uso. Todavia, é feito um procedimento adicional para realizar a distribuição dessa água para os clientes, devido à restrição do parâmetro de condutividade exigido, onde a água produzida pela bateria de TMBR é desviada para um polimento final por meio da tecnologia de osmose reversa, que é um processo minucioso de filtração, onde se utiliza uma membrana semipermeável que permite apenas a passagem de água pura, rejeitando até matérias minúsculas, como bactérias, por exemplo.

3.2.1.2 Petrobras e Águas do Rio

A Petrobras e a companhia Águas do Rio, que abastece 27 municípios do estado do Rio de Janeiro, firmaram um acordo onde a Refinaria Duque de Caxias (Reduc) (Figura 11) e o Polo Gaslub (Figura 12) serão abastecidos com água de reuso. A Reduced é uma das maiores refinarias de petróleo do Brasil, em capacidade e extensão, tendo aproximadamente 13 km², iniciou suas atividades em 1961. O Polo Gaslub é um projeto da Petrobras interligado a Reduced, focado na produção de combustíveis e lubrificantes, com capacidade para produzir óleos lubrificantes avançados, diesel e QAV.

Águas do Rio passará a fornecer água de reuso a partir de 2024, porém, além da Reduced, outras refinarias podem utilizar a matéria-prima fornecida. Esse processo fará com que indústrias abandonem o método usual de captação de águas, com potencial potável, para todas as etapas dos processos industriais, tornando o consumo mais consciente e sustentável.

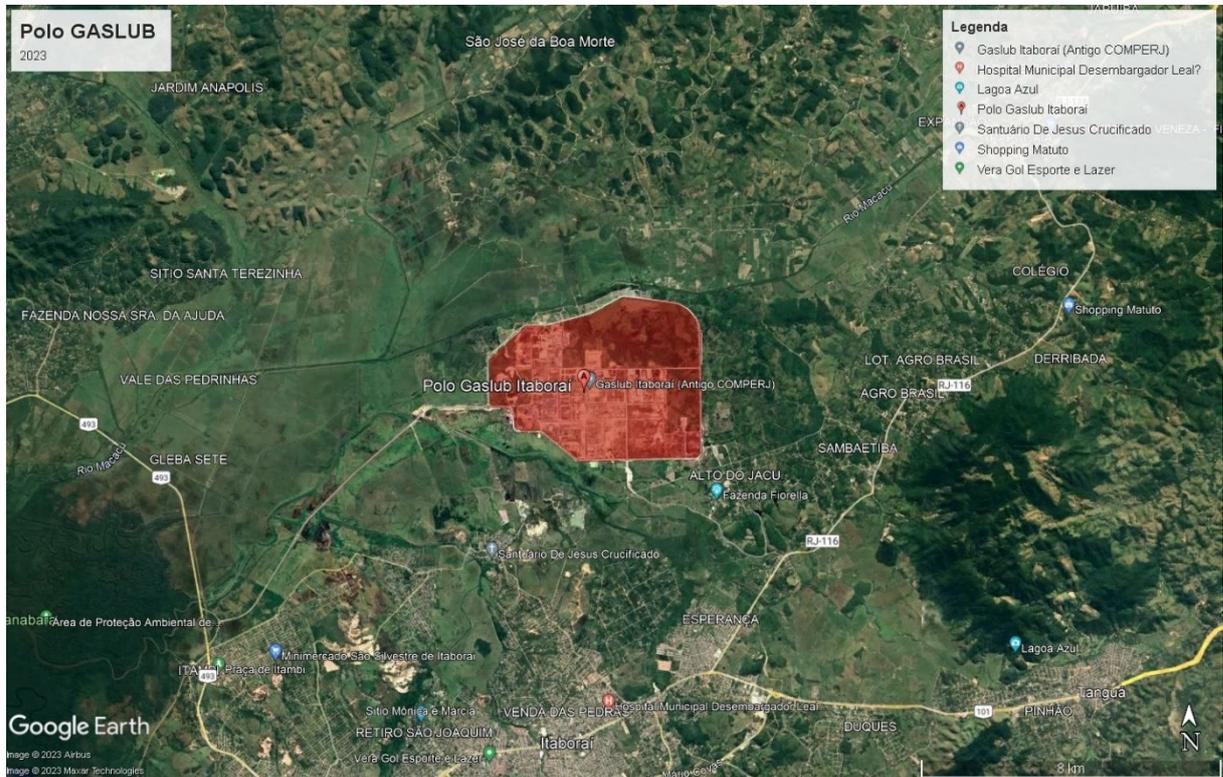
Em relação ao Polo GASLUB, seu contrato ainda está sendo finalizado, tendo em vista que este envolve a participação da indústria e da Unidade de Processamento de Gás de Itaboraí. Após a conclusão, o intuito é que a GASLUB receba até 3.940 m³/h de água de reuso em todas as suas operações e projetos.

Figura 11 – Localização das instalações da Refinaria Duque de Caxias (Reduc).



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 12 – Localização das instalações do Polo Gaslub.



Fonte: Google Earth (2023).

3.2.1.3 Afogados da Ingazeira – Sistema de Reuso de Água

O projeto Sistema de Reuso de Água, através de um tratamento biológico, transforma o esgoto gerado nos bairros do município de Afogados da Ingazeira, no estado de Pernambuco, em água apta para irrigação do Estádio Valdemar Viana de Araújo (Figura 13), conhecido como “Vianão”. O projeto foi premiado no 7º Prêmio “Melhores Práticas de Sustentabilidade” onde o Afogados está entre os 12 melhores do país.

O estádio tem capacidade para 5 mil torcedores, e precisaria de no mínimo 50 metros cúbicos para a irrigação do gramado, no entanto, com a aplicação do projeto, o esgoto se torna água rica em nutrientes. Visando alternativas viáveis, principalmente economicamente, a prefeitura realizou um estudo coletando águas ao longo da cidade e identificando o local ideal para realizar esta coleta.

A obra custou aproximadamente R\$ 30 mil reais e consistiu na perfuração de poço estilo cacimbão que apresenta uma vazão de mais de 30 mil litros. Com essa aplicação, aproximadamente 50 m³ de efluentes deixaram de ser despejados no rio, e gerou 100 m³ de água por dia, gerando uma redução média de R\$ 15 mil por mês nas despesas com água e energia aos cofres do município.

Figura 13 – Localização do Estádio Valdemar Viana de Araújo.



Fonte: Google Earth (2023).

3.2.1.4 Reuso de água para irrigação de área verde no Hotel Resort Iberostar

A Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa) foi responsável pela implantação de um sistema para tratamento de efluentes, com o objetivo de utilizar a água resultante na irrigação de áreas verdes do Resort Iberostar (Figura 14), localizado no Litoral Norte do estado da Bahia, promovendo o uso racional dos recursos hídricos.

A Embasa já possui parceria com a rede hoteleira, onde desde 2006 a empresa opera a Estação de Tratamento de Esgoto Iberostar, que atende o próprio complexo hoteleiro, o complexo Grand Palladium, ambos localizados no município de Mata de São João, e Imbassaí, distrito localizado na Bahia. A ETE utiliza as etapas de floculação, decantação e filtração, etapas necessárias para assegurar o padrão indispensável para utilização na agricultura e irrigação.

Figura 14 – Foto da visão superior do Resort Iberostar.



Fonte: resortspraiadoforte.com.br (2017).

3.2.2 Uso de água residuária para irrigação

Kummer et. Al (2012, p. 2) afirma que nas últimas décadas, o aumento da população e o crescimento industrial intensificaram os efeitos negativos decorrentes das atividades humanas, principalmente no que se refere aos usos múltiplos da água. As retiradas permanentes

para diversas finalidades têm diminuído consideravelmente a disponibilidade de água, produzindo inúmeros problemas de escassez em muitas regiões e países. Assim, o tratamento de esgotos sanitários e o seu posterior reuso, tornou-se uma alternativa viável para a irrigação, atividade que utiliza em torno de 70% de toda a água consumida no planeta.

Segundo a Coleção 254 do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) de 2019, a aplicação de águas residuárias na irrigação pode ser feita por meio dos sistemas de sulcos, faixas, inundação, aspersão, gotejamento e microaspersão. Para a utilização desse tipo de água é necessário passar por um tratamento prévio, visto que a mesma pode danificar os sistemas de aplicação por meio da corrosão e/ou do entupimento dos equipamentos. Quanto à qualidade da água para aplicação na irrigação:

A qualidade da água para irrigação nem sempre é definida com satisfação. Muitas vezes, refere-se à sua salinidade com relação à quantidade total de sólidos dissolvidos, expressa em miligramas por litro, partes por milhão ou por meio de sua condutividade elétrica. No entanto, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água. (SILVA, 2001, p. 2 apud BERNARDO et al., 2006).

Segundo SILVA et. al. (2011), a água em seu estado natural ou por meio de intervenção humana, geralmente, apresenta diversos componentes em sua composição. Para a caracterização da água é preciso analisar alguns parâmetros de acordo com seus indicadores químicos, físicos e biológicos, que serão apresentados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Indicadores responsáveis pela caracterização da água.

TIPOS DE INDICADORES		
(contina)		
TIPO	PARÂMETRO	INFLUÊNCIA
FÍSICOS	Cor	Varia com a presença de substâncias, compostos químicos, decomposição da matéria orgânica ou introdução de esgotos industriais e domésticos.
	Padrão de potabilidade	Intensidade de cor inferior a 5 unidades.
	Turbidez	Presença de matéria em suspensão na água, como: argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, e outras partículas.
	Temperatura	Medida de intensidade de calor; é um parâmetro que influencia em algumas como: densidade, viscosidade e oxigênio dissolvidos.
	Sabor e Odor	Resultam de causas naturais, como: algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos; e artificiais, como: esgotos domésticos e industriais.

TIPOS DE INDICADORES		
(continuação)		
TIPO	PARÂMETRO	INFLUÊNCIA
FÍSICOS	Sólidos	Estão relacionados aos diversos tipos de materiais presentes na água; podem ser divididos em duas categorias, em suspensão ou dissolvidos.
	Condutividade Elétrica	Mede a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica; quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos maior a CE.
QUÍMICOS	pH (potencial hidrogeniônico)	Representa o equilíbrio entre íons H ⁺ e os íons OH ⁻ ; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); é recomendável a faixa de 6 a 9.
	Alcalinidade	Mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água.
	Dureza	Resulta da presença, de sais alcalinos terrosos, ou de outros metais bivalentes; classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO ₃): 50 mg/L – água mole; entre 50 e 150 – dureza moderada; entre 150 e 300 – água dura; 300 – água muito dura.
	Cloretos	Geralmente, provêm da dissolução de minerais, intrusão de água do mar ou do esgoto; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.
	Ferro e Manganês	Podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; o ferro causa cor avermelhada à água, e o manganês, marrom.
	Nitrogênio	É essencial para os organismos vivos, pois é um importante constituinte da proteína, incluindo o material genético.
	Fósforo	Como o nitrogênio, o fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos; e seu excesso pode ocasionar o processo de eutrofização.
	Fluoretos	Podem prevenir cárie dentária; mas em concentrações mais altas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a manchas escuras nos dentes.
	Oxigênio Dissolvido (OD)	É indispensável aos organismos aeróbios: o teor de saturação da água depende da altitude e da temperatura.
	Matéria Orgânica	A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico.
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Representa a quantidade de oxigênio necessário para fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em líquido (água ou esgoto).

TIPOS DE INDICADORES		
(continuação)		
TIPO	PARÂMETRO	INFLUÊNCIA
QUÍMICOS	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.
	Componentes Inorgânicos	Alguns componentes inorgânicos da água são tóxicos ao homem, como os metais pesados: arsênio, cromo, chumbo, mercúrio; e os cianetos.
	Componentes Orgânicos	Alguns são resistentes à degradação biológica, como: pesticidas, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos.
BIOLÓGICOS	Coliformes	Indicam a presença de microrganismos patogênicos; os coliformes fecais estão em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos.

Fonte: SILVA et. al. (2011), adaptado pela autora (2023).

3.3 Desenvolvimento sustentável em Arapiraca

A partir da análise dos documentos disponibilizados e produzidos pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SMDUMA) do município de Arapiraca, pode-se dizer que a mesma é uma cidade participativa na esfera sustentável. A prefeitura municipal é um órgão ativo nas discussões relacionadas ao tema, contando com Plano Diretor Participativo do Município de Arapiraca (PDPA), Agenda 21 de Arapiraca, Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e Plano Decenal de Arapiraca, para nortear suas iniciativas em prol da construção de uma cidade sustentável.

Os documentos citados acima contam com leis, diretrizes e projetos que orientam as decisões governamentais, em pequenos passos, em direção ao desenvolvimento sustentável regional, com o objetivo final de colaborar com a sustentabilidade a nível global. O plano diretor da cidade é instituído pela Lei nº 2.424, de 23 de janeiro de 2006, que estabelece as diretrizes gerais da política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. Ele é o principal instrumento da política de desenvolvimento urbano, tanto em relação ao direito à moradia, acessibilidade, equipamentos comunitários, espaços de lazer, e entre outros serviços relacionados à qualidade de vida em sociedade, quanto a proteção, preservação e recuperação dos ambientes naturais, que são o foco principal deste trabalho.

Quanto aos princípios do PDPA, instituído pela Lei nº 2.424/2006:

Art. 3º. São princípios fundamentais que pautarão a política urbana no Município de Arapiraca:

- I - a função social da cidade;
- II - a função social da propriedade urbana;
- III - a sustentabilidade;
- IV - a gestão participativa. (ARAPIRACA, 2006, p. 9).

Desta forma, as menções relacionadas aos documentos citados terão como foco principal o apelo ambiental presente nos mesmos, trazendo a pauta do desenvolvimento sustentável e dando enfoque principal no serviço de esgotamento sanitário. Visto que é um dos componentes que integram o saneamento básico, o qual, assim como na esfera nacional, é o menos eficiente na cidade.

Quanto aos objetivos gerais do Saneamento Ambiental, relacionamos ao tema estudado, presente no PDPA, instituído pela Lei nº 2.424/2006:

Art. 39. São objetivos gerais do Saneamento Ambiental:

- I – realizar estudos técnicos e científicos que subsidiem o planejamento do saneamento ambiental, de forma que possa priorizar ações públicas seqüenciadas e integradas;
- II – identificar, mapear e avaliar os mananciais de abastecimento de água;
- III – criar políticas, programas e projetos de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem pluvial, coleta, disposição final de resíduos sólidos e reciclagem;
- IV - implantar sistema de esgotamento sanitário em todo o município;
- V - realizar ações de saneamento ambiental de acordo com o Código Municipal de Meio Ambiente e em consonância com as políticas estadual e federal de saneamento;
- VI - buscar o equilíbrio entre as atividades humanas e a qualidade ambiental no território; (ARAPIRACA, 2006, p. 20).

Entende-se que, o sistema de economia circular para reuso de efluentes, é uma estratégia sustentável que requer investimento em pesquisa para sua implementação na cidade. Essa medida é atribuída de vantagens, sendo realizada em conjunto e beneficiando mais de um sujeito, minimizando os impactos ambientais causados pelo descarte indevido dos esgotos domésticos, comerciais e urbanos nos corpos hídricos que banham a cidade.

Vale ressaltar que a adoção de medidas de economia circular para reuso de efluentes não substitui a implementação de um sistema de esgotamento sanitário eficaz, essa estratégia vai além do direcionamento e tratamento de esgoto. Ela está atrelada ao esgotamento sanitário e abastecimento de água, visto que o esgoto tratado seria direcionado para atividades que admitem água de qualidade inferior, possibilitando que a água potável fosse utilizada apenas em atividades específicas de consumo, prolongando assim, a vida útil da água que é fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade.

Seguindo a ordem cronológica de publicação dos documentos referente à sustentabilidade do município, a Agenda 21 de Arapiraca foi publicada em 2008. Ela foi

construída ao longo de 4 anos, sendo iniciada em 2004, e contou com a participação de diversos autores, que contribuíram efetivamente e eventualmente para contar a história da cidade, realizar a análise de suas condições atuais, e para traçar objetivos e ações sustentáveis para o século XXI. Contando com a participação de quase 400 pessoas para a sua formulação, entre eles, funcionários públicos, funcionários de unidades educacionais, órgãos governamentais, cooperativas, sindicatos, comerciantes, e entre outras ocupações, esse documento foi um grande marco para a cidade, sendo a primeira e única, até a data atual, Agenda 21 Local do estado, apesar de Alagoas ser composta por 102 municípios.

A Agenda pode ser entendida como um instrumento de planejamento utilizado para alcançar uma sociedade sustentável, abrangendo as esferas ambiental, social e econômica. Ela tem como objetivo promover um modelo de desenvolvimento que norteie a cidade para a construção de novo projeto civilizatório, criando um laço entre sociedade e sustentabilidade. Com essa finalidade, está organizada em sete capítulos, onde descrevem os passos para a construção da sustentabilidade local.

Em relação ao esgotamento sanitário, é nítida a preocupação apresentada no documento, onde em apenas 06 bairros, dos 38 existentes, apresentava o sistema de esgotamento sanitário, e ainda nesses, o sistema não era eficaz, visto que o percentual de residências conectadas à rede ainda era baixo. No entanto, esses dados dizem respeito a coleta de esgoto, e não ao seu tratamento. No período, foi catalogada apenas uma estação de tratamento de esgoto em fase de conclusão, localizada no bairro Canafístula, com o objetivo de atender apenas o bairro.

No capítulo 05, intitulado “A Cidade do futuro”, encontra-se o objetivo principal do livro, onde é apresentado o plano de ação detalhado, no qual as ações foram organizadas por estratégias. A estratégia 04, sobre cidade sustentável, diz respeito a implantação de novos instrumentos de gestão territorial na cidade, afim de garantir serviços urbanos suficientes para todos os habitantes. E como em cada estratégia, essa apresenta a visão de futuro, estabelecendo o prazo necessário para a execução de cada ação, nas escalas de curto, médio e longo prazo, sendo classificados pelo período de 5 anos, 10 anos e mais de 10 anos, respectivamente.

Sobre os prazos das ações contidas na estratégia 04, têm-se:

ESTRATÉGIA 04 - CIDADE SUSTENTÁVEL
CURTO PRAZO

Nos próximos 05 anos, Arapiraca terá atingido o patamar de cidade sustentável, implantado o saneamento básico, melhorado o seu ordenamento territorial com a erradicação de assentamentos precários e de condições insalubres de habitabilidade, redução da pobreza, através da criação de novos postos de trabalho, e observadas outras tantas condicionantes sociais, econômicas, ambientais e culturais.

MÉDIO PRAZO

Nos próximos 10 anos, Arapiraca terá conquistado a melhoria do bem-estar da população, permitindo que todos tenham acesso a produtos, bens e serviços básicos, a ampliação da sua infra-estrutura promovendo a redução de custos, aumento da produtividade, aprimoramento da qualidade dos bens e serviços da estrutura produtiva e consolidação da integração regional.

LONGO PRAZO

A partir de 2018, a importância regional atribuída ao município estará consolidada. Arapiraca estará conduzindo políticas públicas que solucionem problemáticas comuns da região. Estará fortalecida como um pólo de atração territorial, desenvolvimento econômico, social, ambiental e cultural. (ROMÃO; IRMÃO; LIRA, 2008, p.67).

Arapiraca é uma cidade que apresenta crescimento urbano intenso e acelerado, e uma vez que a Agenda foi publicada há 15 anos, é notório que é necessário realizar a revisão e reformulação do documento, registrando as condições e estabelecendo metas de acordo com as necessidades atuais da cidade. Isso pode ser claramente observado no que diz respeito à área de estudo do presente trabalho, onde em 2008, o Lago da Perucaba, atual área de lazer da cidade, ainda estava em construção. Essa construção pode ter sido ponto de partida para a implementação dos diversos bairros planejados que foram implantados no local ao longo desses 15 anos.

O terceiro documento relevante na esfera de sustentabilidade da cidade é o Plano Decenal de Arapiraca: Desenvolvimento territorial sustentável no agreste alagoano, publicado em 2012. O Plano foi desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Arapiraca no período de oito meses, onde foram realizados estudos teóricos sobre a história, cultura, desenvolvimento econômico e características ambientais da cidade; além disso, foram realizadas 28 oficinas nas zonas urbana e rural da cidade para sua construção, contando com a participação de cerca de mil arapiraquenses, segundo a mensagem do prefeito Luciano Barbosa contida no documento.

O estudo é fundamentado como um documento de caráter consultivo, deliberativo e executivo, que tem o objetivo de formular, negociar e acompanhar a execução das políticas de desenvolvimento regional integrado e sustentável, através da aplicação de outros instrumentos de planejamento lançados anteriormente ou após sua publicação, tendo a Agenda 21 Arapiraca como base para sua construção. No entanto, exerce o importante papel de alinhar o desenvolvimento local, com o regional e o nacional, visto que a Agenda 21 tem o dever de seguir o pensamento preconizado pela ONU.

No subtópico “Saneamento” apresentado no tópico “Desenvolvimento Urbano” do Capítulo 02 sobre o panorama da cidade durante a construção do Plano, é possível observar que o esgotamento sanitário é o único serviço de saneamento básico que o município não oferece, existindo apenas sistemas coletivos independentes que atendem cerca de 5,5% da população, sistemas individuais de fossas sépticas com sumidouros, e ainda o lançamento das águas servidas

nas vias públicas. Nesse mesmo subtópico foi apresentada a elaboração de um projeto de esgotamento sanitário com alcance previsto até 2023, o qual dividiria a cidade nas bacias de Perucaba e Piauí. Onde, até o momento, não é de conhecimento popular tal realização.

Após o estudo acerca das condições atuais da cidade, são apresentadas as Propostas do Plano Decenal, no Capítulo 03, onde as mesmas são divididas em 10 eixos temáticos. O Eixo Temático 04 traz “Cidade Sustentável”, o qual é o mais relevante para a construção desse referencial teórico. O mesmo apresenta 11 diretrizes que tratam melhorias nas seguintes áreas: saneamento básico, como foi apresentado no parágrafo anterior a esse; energia elétrica e eficiência energética; comunicação; cumprimento de leis; programas de cada bairro e o cumprimento das necessidades apresentadas; equipamento públicos; iluminação pública; participação democrática dos cidadãos; projetos paisagísticos ao longo da cidade; acessibilidade; caminhabilidade; implementação do PDPA; e regularização fundiária.

Por fim, o quarto documento que conclui a discussão sobre a cidade de Arapiraca frente à sustentabilidade, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), que teve seu relatório final publicado em 2016. Ele é construído a partir do exame da realidade e objetivação para a transformação do município, a partir das orientações da Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007 (que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, onde atualmente foi atualizada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020), do Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010 e do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.

O PMSB é constituído pela construção de seis produtos, no qual o produto 06 é caracterizado pelo relatório final, utilizado neste trabalho. O prazo de vigência do plano é de 20 anos, tendo revisões a cada 4 anos. Nele contém programas, projetos e ações com o objetivo de promover o direito à cidade, saúde e qualidade de vida, sustentabilidade ambiental e melhorar o gerenciamento da prestação dos serviços de saneamento. Diante disso, foram apresentadas as ações estruturantes e estruturais para cada serviço do saneamento separadamente, e novamente, dando enfoque ao serviço de esgotamento sanitários. Temos as seguintes ações:

Esgotamento Sanitário

Tendo em vista as alternativas estabelecidas no Produto 3 – Prognóstico de Alternativas - foram elencadas as ações consideradas urgentes para o sistema de esgotamento sanitário de Arapiraca, as quais serão expostas a seguir.

- Ações Estruturantes
 - Elaboração de lei municipal a qual regulamente as sanções para as economias não ligadas à rede de esgoto;
 - Programa de pró-ligação;
 - Programa de Educação Ambiental;
 - Criação do Programa “Fossa monitorada”.
- Ações Estruturais
 - Estudo para criação de um padrão de fossa séptica ecológica para o

- município;
- Programa de monitoramento dos projetos já realizados para Esgotamento da Bacia do Piauí e Perucaba. (ARAPIRACA, 2016, p. 35).

Diante do exposto neste tópico, é possível compreender o comprometimento do município acerca das questões de desenvolvimento sustentável. Contudo, é necessário medidas atuais para fiscalização dos programas, ações e projetos apresentados, com o objetivo de cumprimento, para assim alcançar o patamar de cidade sustentável, que segundo a Agenda 21 de Arapiraca, poderia ser alcançado a partir de 2018, se encaminhado para tornar-se a cidade modelo, caso fossem cumpridas as ações de curto e médio prazo.

4 METODOLOGIA

4.1 Coleta de dados

Quanto às informações sobre o Residencial Riviera do Lago, as mesmas foram obtidas através do contato com a empresa de engenharia Callado Engenharia Ambiental, que disponibilizou o texto descritivo e o projeto referente a ampliação da estação. O texto detalha todas as etapas do tratamento realizado pela ETE e os parâmetros atingidos após o tratamento. Nele estão descritos os resultados atingidos tanto através do tratamento nas condições atuais da estação quanto os objetivos a serem alcançados com a sua adaptação, para que o efluente tratado tenha o destino final adequado.

Além disso, foi realizada uma visita de forma presencial às instalações do residencial e da ETE, no dia 19 de janeiro de 2023, guiada pelo Engenheiro Rafael Santana, onde foi possível realizar os registros da estação na situação atual, que se encontra inativa.

Quanto à Unimed, os dados foram obtidos através do contato direto com Aldiranny Santos, Líder em Manutenção Predial. Esse contato foi realizado de maneira virtual via e-mail quando necessário, e presencial na própria unidade, nos dias 28 de novembro de 2022 e 19 de janeiro de 2023. No contato de forma virtual foi possível realizar a aplicação de um questionário com 12 questões abertas sobre o funcionamento das atividades do prédio e em relação a conduta da unidade quanto ao reuso de água, disponibilizado via e-mail profissional da Líder, e no contato presencial foi possível fazer os registros fotográficos no local e ampliar as respostas que foram obtidas através do questionário, que será apresentado no APÊNDICE A, com as perguntas realizadas e respostas obtidas.

As informações referentes às características topográficas de ambos os objetos de estudo, como áreas, distâncias e declividade, utilizadas para análise de eficiência e custos, foram produzidas pelo Google Earth e/ou adquiridas através de normas relacionadas ao tema, produzidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Agência Nacional de Águas (ANA).

4.2 Área de estudo

A cidade de Arapiraca-AL apresentou um desenvolvimento rápido em comparação com as demais cidades do interior do estado. Isso se deu em decorrência de importantes atividades que a tornaram referência no mercado, como a atividade agrícola fumageira e por ser

uma das primeiras cidades do estado a ter transporte ferroviário, o qual facilitou suas transações comerciais.

Segundo Brito e Xavier (2010), as bacias hidrográficas dos rios Coruripe, Traipú, Perucaba e Piauí estão localizadas no recorte municipal da cidade de Arapiraca. O corpo hídrico atualmente conhecido como Lago da Perucaba é um antigo açude que foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situado nas coordenadas com latitude $9^{\circ}45'39,96''S$ e longitude $36^{\circ}40'43,71''W$, para contribuir com o abastecimento de água na cidade, que vinha crescendo de maneira acelerada sem possuir um desenvolvimento social adequado, gerando grandes deficiências, principalmente no saneamento básico. No entanto, suas águas tornaram-se salinas, sendo abandonado para tal atividade e revitalizado para fins paisagísticos e de lazer em 2009.

Nas mediações do Lago da Perucaba estão localizados a Unimed Metropolitana do Agreste e o Residencial Riviera do Lago, os quais são os objetos de estudo deste trabalho, ambos localizados na rua Miguel Tertuliano da Silva, no bairro Zélia Barbosa Rocha, na cidade de Arapiraca-AL (Figura 15). O presente trabalho busca investigar a viabilidade da aplicação de economia circular de reuso de águas residuárias produzidas pela ETE do residencial.

Figura 15 – Principais locais de interesse.

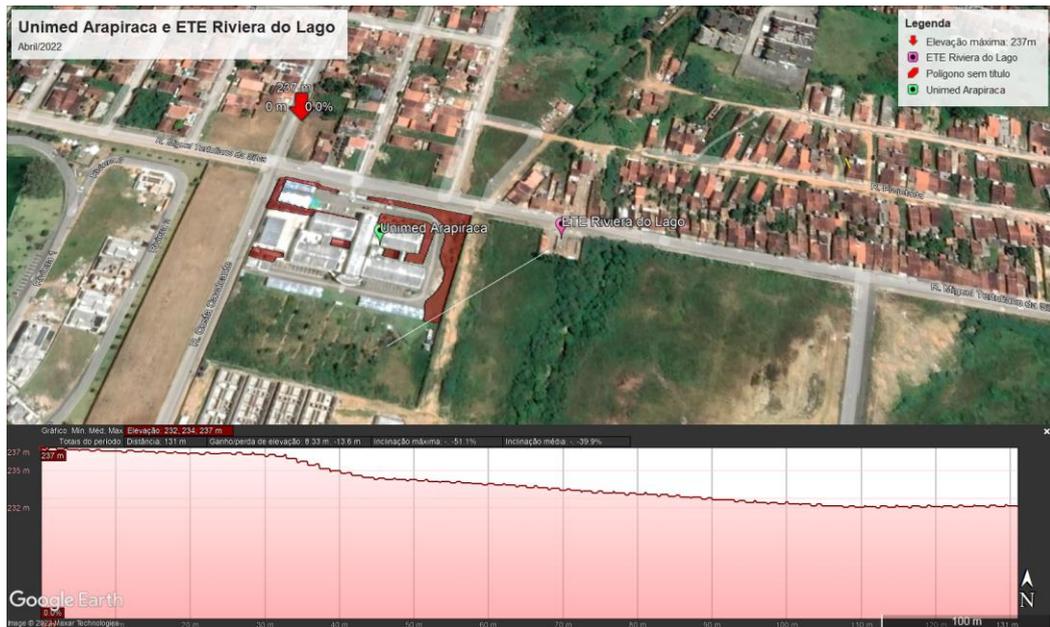


Fonte: Google Earth (2023).

A distância entre as Estações de Tratamento de Efluentes dos dois objetos de estudo é de aproximadamente 118,14 metros e a declividade é mais um fator que beneficia o sistema

proposto, visto que a topografia entre a ETE do Riviera, de onde sairia o efluente, e a localização da ETE da Unimed, local adequado para receber o efluente, é caracterizada por um declive de aproximadamente 5 metros, visto que sua elevação mínima é de 232m e máxima de 237m (Figura 16). E a área de vegetação paisagística da Unimed é de aproximadamente 2.212,8 m².

Figura 16 – Informações topográficas.



Fonte: Google Earth (2023).

4.2.1 Residencial Riviera do Lago

O Residencial Riviera do Lago é um empreendimento imobiliário de classe média alta, de propriedade da Incorporadora Parque das Águas LTDA, localizado na Rua Costa Cavalcante, visto que está localizado no lado oposto à ETE. Possui área total superior a 484 mil metros quadrados, composto de 498 lotes, sendo 288 lotes na primeira etapa do empreendimento e 210 na segunda etapa. Considerando cinco pessoas por lote, prevê-se uma população de 1440 habitantes para a primeira etapa, e 1050 habitantes para a segunda etapa, resultando em uma população total prevista de 2490 habitantes no residencial. Ele simboliza o início do desenvolvimento de uma cidade planejada e sustentável, dispondo de um sistema de esgotamento sanitário próprio.

A ETE do Riviera do Lago (Figuras 17 a 25) foi projetada pela CONPET ENGENHARIA apenas para a primeira etapa do residencial, que é formada por 288 lotes, e é composta por um sistema de esgotamento sanitário, composta por ligações domiciliares, rede

coletora e estação de tratamento de efluentes. A ETE projetada inicialmente atua na remoção de matéria orgânica e patogênicos, no entanto a remoção de nutrientes é realizada apenas parcialmente, impossibilitando que o efluente tratado seja lançado no lago. Seguindo orientações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH-AL), levando em consideração o tipo de tratamento fornecido, o material final só poderia ser lançado na jusante do mesmo, ou seria necessário a complementação da ETE para que o lançamento direto no lago fosse autorizado.-

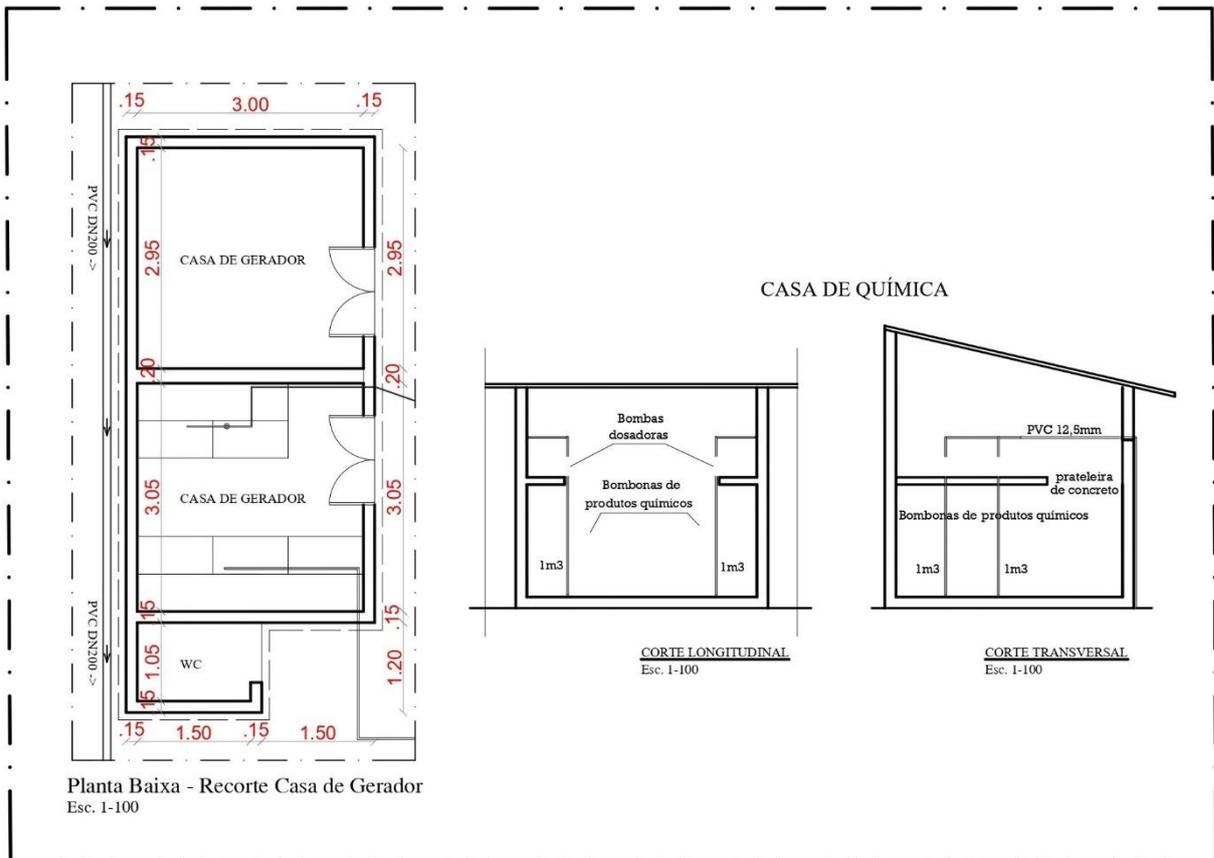
Figura 17 – Casa de gerador



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

De acordo com o projeto disponibilizado, a casa de gerador, ou casa de química, abriga quatro bombas dosadoras e cinco bombonas de 1 m³ cada (Figura 18), para armazenamento de produtos químicos. As bombas dosadoras servem para transportar, medir e controlar a utilização desses produtos químicos, elas são utilizadas para bombear quantidades definidas, para alcançar uma alta precisão.

Figura 18 – Desenho técnico da casa de gerador (casa de máquina).



Fonte: Projeto produzido pela Callado Engenharia Sanitária e Ambiental (2018), adaptado pela autora (2023).

Figura 19 – Pré-tratamento.



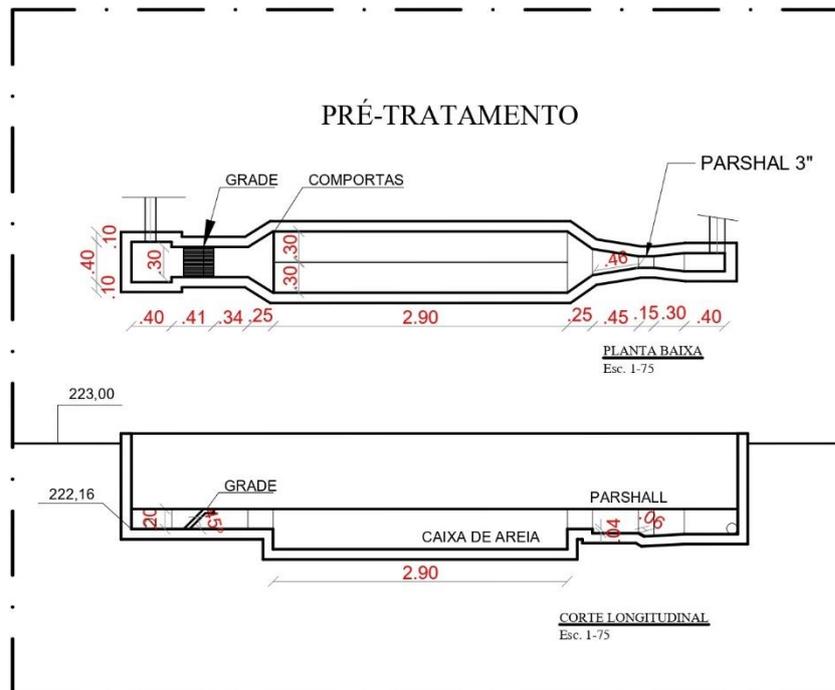
Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

O pré-tratamento é a etapa inicial do tratamento de efluentes, onde sujeita o esgoto bruto à separação de sólidos, na estrutura apresentada na figura anterior. Nesse compartimento

o esgoto passa por grades metálicas e caixa de areia (Figura 20), onde as grades servem de barreira para reter os sólidos grosseiros, o gradeamento é considerado uma medida de segurança, visto que determinados tamanhos dos resíduos poderiam danificar os equipamentos da estação ao longo das etapas do tratamento.

Já na caixa de areia, acontece a sedimentação, onde os grãos mais pesados se acomodam ao fundo do equipamento pela própria força gravitacional, e por meio da decantação, o efluente livre de sólidos passa a próxima etapa por meio da calha parshall, que é responsável por medir a vazão de entrada e saída.

Figura 20 – Desenho técnico da etapa de pré-tratamento.



Fonte: Projeto produzido pela Callado Engenharia Sanitária e Ambiental (2018), adaptado pela autora (2023).

Figura 21 – Filtro biológico e elevatória



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

A estação elevatória é responsável apenas por transportar o efluente através de bombeamento para o tratamento primário, que é iniciado no reator UASB, que será apresentado na Figura 22, e é direcionado para o filtro biológico que foi apresentado na Figura 21. Para seguir a ordem de tratamento e melhorar a compreensão, o processo realizado no filtro será esclarecido após a apresentação da Figura 22 e da explicação do processo realizado pelo reator UASB.

Figura 22 – Reator UASB.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

O reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) é responsável pela estabilização da matéria orgânica, ele utiliza processos físico-químicos para a remoção de sólidos em suspensão através de lodo com elevada atividade. O lodo é a matéria orgânica removida ao longo do tratamento do esgoto, é um resíduo sólido não perigoso.

O efluente é introduzido pela parte inferior do reator, ele passa por um leito de lodo denso e granuloso, indo em direção a superfície, onde passa pela manta de lodo, constituída por um lodo mais disperso e leve.

Sobre a estabilização da matéria orgânica, segundo a Águas Claras Engenharia:

A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo). Sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional de líquido e das bolhas de gás. O efluente industrial e ou sanitário deixará o reator pela parte sobrenadante de um decantador interno, localizado na parte superior do reator. (Águas Claras Engenharia, 2018).

Em seguida, o efluente é conduzido ao filtro biológico aeróbico (Figura 21), no qual o esgoto é depositado no topo do filtro, através de hastes rotatórias. Ele possui enchimento em meio granular inerte (brita nº4), que segundo Neto (2008), facilita a agregação de microrganismos, dificulta a perda de sólidos biológicos e propicia o acúmulo de grande quantidade de lodo ativo. O filtro possui ventilação natural pelo ar que circula entre os espaços vazios e seu principal objetivo é remover matéria orgânica remanescente e promover uma nitrificação parcial (remoção biológica de nitrogênio).

Ainda nesta etapa, há a presença de um separador trifásico, é ele que garante a retenção do lodo, que é destinado aos leitos de secagem, e um efluente clarificado que é direcionado para a câmara de contato, as duas últimas etapas para que o material chegue ao destino final.

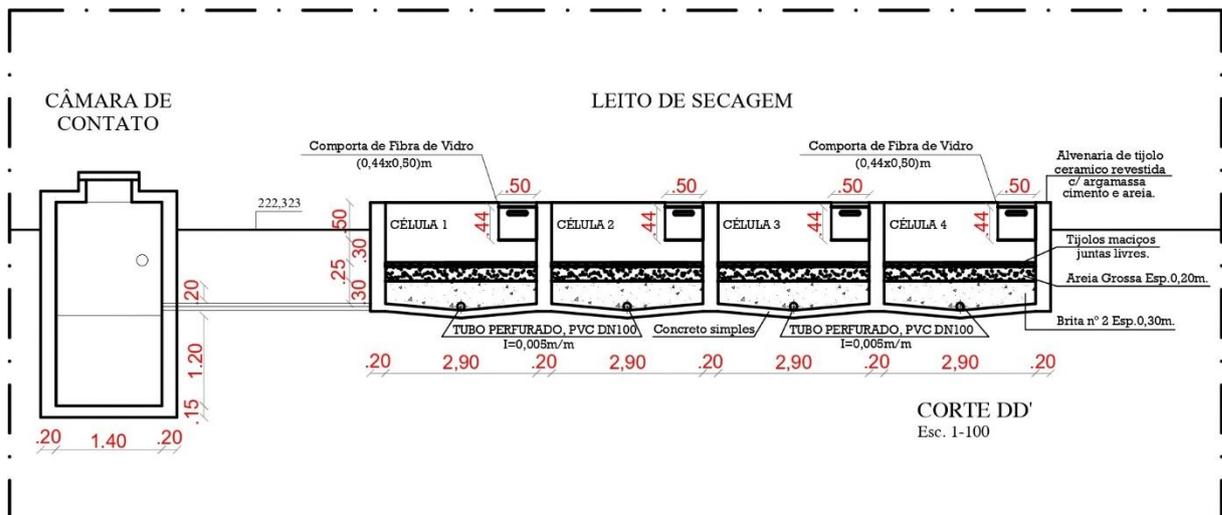
Figura 23 – Leito de secagem.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

O lodo colhido após o processo de filtração é destinado aos leitos de secagem (quatro no total), que servem para a desidratação (Figura 23 e 24). Esse processo utiliza o mecanismo de secagem natural, e tem como objetivo diminuir a quantidade de água presente no lodo, e consequentemente, reduzir seu volume. Visto que seu destino final é o descarte, o intuito é gerar menos resíduo sólido após o tratamento do efluente.

Figura 24 – Desenho técnico da etapa de secagem do lodo



Fonte: Projeto produzido pela Callado Engenharia Sanitária e Ambiental (2018), adaptado pela autora (2023).

Figura 25 – Câmara de contato.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023).

Por fim, a câmara de contato (Figura 25), é a última etapa do tratamento do componente líquido resultante das etapas de tratamento, no qual foi separado do lodo no filtro biológico. É responsável pela aplicação de cloro em pastilhas, para que ocorra o processo de desinfecção, removendo vírus, bactérias e outros micro-organismos imperceptíveis a olho nu.

Esta etapa não garante a remoção total de nutrientes como nitrogênio e fósforos, que em excesso pode ocasionar a eutrofização do corpo hídrico caso seja direcionado para o descarte direto. Diante disso, tendo em vista que o tratamento realizado atualmente é ineficiente para o lançamento direto no lago devido a presença de nutrientes ao final do processo. Pode-se levar em consideração utilizações alternativas que valorizem a presença de tais nutrientes, como é o caso da irrigação de áreas verdes.

4.2.2 Unimed Metropolitana do Agreste

A Unimed Metropolitana do Agreste conta com serviços clínicos e de caráter administrativo, tendo em média 350 usuários por dia, entre funcionários e visitantes. Ela tem o desenvolvimento sustentável como um dos pilares da empresa, possuindo em sua estrutura placas solares (Figura 26); Ponto de Entrega Voluntária (PEV) para coleta seletiva (Figura 27); e Estação de Tratamento de Efluentes (Figura 28), dispondo também de licença ambiental e alvará sanitário. Além disso, a unidade conta com um responsável técnico que realiza coletas de amostras mensalmente, para controle de qualidade de efluentes e análise em laboratório credenciado.

Figura 26 – Placas solares na cobertura do estacionamento.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Figura 27 – Ponto de Entrega Voluntária.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Figura 28 – Estação de Tratamento de Esgoto da Unimed Metropolitana do Agreste.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

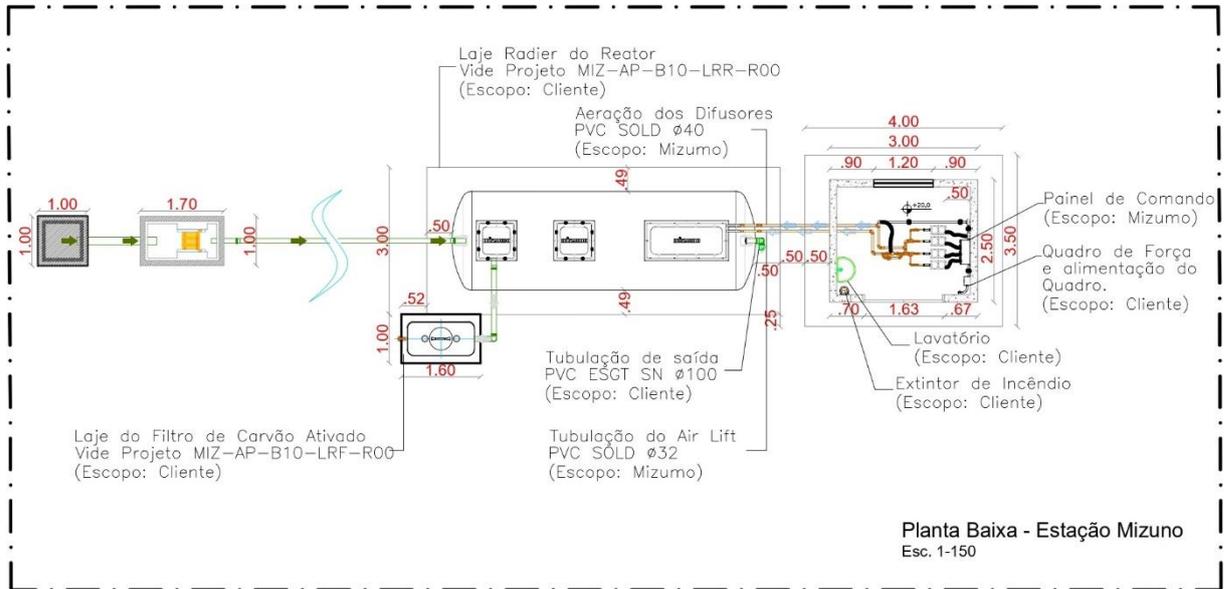
As placas solares compõem a cobertura dos estacionamentos privados na área interna do edifício, onde foram identificados na área frontal e na área dos fundos do edifício. O

Ponto de Entrega Voluntária foi identificado e registrado em módulo único, localizado também na área interna frontal da edificação. Já a estação de tratamento se encontra nos fundos.

A ETE da Unimed é caracterizada como um Sistema Modular de Tratamento de Esgoto Mizumo, que utiliza tratamento biológico de funcionamento contínuo e com aeração prolongada, um sistema compacto pioneiro no Brasil. Ele realiza o tratamento de esgoto no próprio local em que é produzido, transformando esgoto em água tratada de extrema qualidade, onde a mesma pode ser devolvida ao meio ambiente sem riscos ou utilizada em diversas aplicações não potáveis como: irrigação de jardins, lavagem de pisos, paredes, calçadas, descarga de bacias sanitárias, etapas industriais, entre outros. Seu projeto e concepção foi de responsabilidade da empresa Máquinas Agrícolas Jacto S/A – DIVISÃO MIZUMO, e utilizou 35,00 m² da área da edificação.

O sistema de tratamento do efluente sanitário foi dimensionado considerando que o prédio funciona diariamente com uma equipe de 252 funcionários. Ele foi projetado (Figura 29) seguindo as seguintes normas da ABNT: NBR 7229/1993 versão corrigida 1997, intitulada “Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos”, NBR 13969/1997 intitulada “Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação” e NBR 12209/2011 intitulada “Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários”. O sistema contempla as etapas de tratamento anaeróbias, aeróbias, decantação e desinfecção, tendo seu destino final o Córrego do Perucaba, descrito em projeto. Caso haja um aumento de contribuição de vazão e carga orgânica, o sistema pode ser ampliado em módulos, tendo eles todas as etapas contempladas no projeto.

Figura 29 – Planta de layout da ETE Unimed Metropolitana do Agreste.



Fonte: Projeto produzido pela Mizuno (2014), adaptado pela autora (2023).

O edifício possui grandes áreas paisagísticas no entorno da edificação, podendo ser caracterizadas em área de vegetação majoritariamente paisagísticas (Figura 30), localizada em sua fachada frontal e em ambos recuos laterais, e área de plantação de frutíferas (Figura 31), localizadas ao fundo da edificação. A água de reuso adquirida através do tratamento da estação é utilizada diariamente para irrigação apenas da área frutífera do edifício. Quanto ao sistema de abastecimento de água potável é realizado exclusivamente pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL).

Figura 30 – Área de vegetação paisagística.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Figura 31 – Área de plantação frutífera.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Além de expressar através da edificação a proximidade com os valores de desenvolvimento sustentável, a Unimed possui uma Política Nacional de Sustentabilidade do Sistema Unimed (PNSSU), onde incentiva o avanço da agenda da sustentabilidade na gestão das Unimeds estaduais e locais, atentando-se à realidade do setor e particularidades da administração de cada empreendimento do seu sistema cooperativo.

5 RESULTADOS

As condições das águas residuárias dos dois empreendimentos foram analisadas, a partir dos dados disponibilizados, com o intuito de assegurar que a água resultante do tratamento da estação do residencial esteja apta para ser utilizada na área de vegetação paisagística da Unimed. Considerando que a água tratada pela própria unidade apresenta qualidade compatível para irrigação após seu tratamento, e tendo em vista que a mesma é utilizada na área frutífera, enfatiza-se que a comparação entre a qualidade das duas águas residuárias é válida. Visto que para a área frutífera requer uma maior atenção, em virtude de que o alimento é consumido pelo ser humano.

Dessa forma, a análise dos dados a seguir, buscou comparar a qualidade do efluente tratado pelo Residencial Riviera do Lago com a qualidade do efluente produzido e já utilizado pela Unimed Metropolitana do Agreste, para assim, aferir a viabilização da adoção da estratégia de economia circular sugerida no presente trabalho.

5.1 ETE do Residencial Riviera do Lago

Esse tópico é constituído por transcrições e interpretações acerca dos documentos disponibilizados pela empresa Callado Engenharia Ambiental, responsável pela ETE do Residencial, como foi melhor exposto no tópico 4.2.

Inicialmente, para caracterizar o esgoto a ser tratado, produzido pelo Residencial, foi utilizada como referência a composição típica do esgoto doméstico bruto citada por Metcalf e Eddy (2013) no livro intitulado como Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos, onde foram adotados os valores de concentração média, exposto na Figura 32.

Figura 32 – Tabela sobre a composição típica de esgoto sanitários de concentração média.

CONSTITUINTE	CONCENTRAÇÃO	CONSTITUINTE	CONCENTRAÇÃO
Sólidos totais	720 mg/L	DBO _{5,20}	350 mg/L
Sólidos fixos	355 mg/L	DQO	600 mg/L
Sólidos voláteis	365 mg/L	Nitrogênio total	40 mg/L
Sólidos sedimentáveis	10 mg/L	Nitrogênio orgânico	15 mg/L
Alcalinidade	100 mg.CaCO ₃ /L	Nitrogênio amoniacal	25 mg/L
pH	7,5	Nitrito	0
Óleos e graxas	100 mg/L	Nitrato	0
Coliformes totais	10 ⁷ NMP/100 mL	Fósforo total	8 mg/L

Fonte: Texto descritivo da empresa Callado Engenharia Sanitária e Ambiental (2018).

O livro citado apresenta uma tabela com as seguintes classificações de esgoto: baixa, média e alta. A partir da referência, o autor produziu uma nova tabela (Figura 32) com os valores referentes ao esgoto bruto de concentração média, a qual foi adotada pelo autor, e com os constituintes que foram classificados como relevantes para que o mesmo criasse o texto descritivo. Dessa forma, os valores observados foram utilizados apenas com a finalidade de comparação entre o esgoto bruto e o esgoto tratado, sendo possível aferir a qualidade deste tratamento. A primeira e a terceira coluna listam os constituintes e ao lado de ambas, a concentração deles.

O Sistema de Esgotamento Sanitário inicial, projetado pela CONPET Engenharia, foi dimensionado para a primeira etapa do residencial, considerando 1440 habitantes, uma vez que o Residencial é composto por duas etapas, como citado no tópico 4.1.1. Esse sistema é composto pelo tratamento completo, ou seja, do tratamento preliminar ao tratamento terciário, onde seu destino final seria o Lago da Perucaba. No entanto, o tratamento realizado não é suficiente para o lançamento no corpo hídrico, tendo em vista que ao final do processo ainda é possível detectar alguns nutrientes, principalmente fósforo. Esse nutriente é apontado como o principal causador da eutrofização, que é um processo responsável por alterações na qualidade da água e na estrutura aquática, induzindo o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, apresentando uma coloração turva e abaixando os níveis de oxigênio dissolvidos na água.

Diante do exposto, restou duas alternativas para indicar o destino final apropriado do efluente tratado: a construção de um emissário a jusante do lago, ou a adequação da estação de tratamento projetada, para realização da remoção do fósforo. Entre as opções, foi escolhida a adequação da estação, pois além da melhoria da qualidade do efluente tratado, enfatiza-se a preservação de lago e dos demais corpos hídricos envolvidos, como seus afluentes e efluentes. Além da realização da adequação da estação, o novo projeto elaborado pela CALLADO Engenharia Sanitária e Ambiental incluiu a segunda parte dos lotes do residencial, adotando um número total estimado de 2490 habitantes.

Visto que o sistema de esgotamento será operado pela CASAL, as decisões envolvendo a ETE, como a tecnologia para complementação, padrões de qualidade, técnicos e atividades operacionais devem ser compatíveis com o sistema operacional da CASAL, realizando uma consulta sempre que necessário. O principal objetivo do novo projeto é a remoção de nutrientes e o polimento final do efluente tratado, pois além de evitar danos ambientais, requer aprovação dos órgãos competentes da cidade e do estado para obtenção do licenciamento do sistema.

Dado que a ETE já apresentava a estrutura de tratamento completo, para seu projeto de adequação foram mantidas suas etapas até o tratamento secundário, além do tratamento do lodo,

sendo modificado apenas o tratamento terciário, emissário final e corpo receptor. No tratamento terciário foi aproveitada a estrutura do projeto inicial, modificando apenas as etapas (Quadro 2), já na etapa final, etapa que classificou a disposição e destino final desse efluente, a mesma foi alterada de emissário para canal aberto (Quadro 3):

Quadro 2 – Comparação do tratamento terciário no projeto inicial e após a adequação.

Tratamento terciário inicial, projetado pela CONPET:	Tratamento terciário após adequação, projetado pela CALLADO:
1 Reator anaeróbio UASB de partida, para inoculação dos reatores UASB;	1 Filtro biológico percolador, para remoção de matéria orgânica e nutrientes remanescentes;
3 Filtros biológicos, para nitrificação e polimento final;	3 Filtros de pedregulho, para polimento final;
1 Câmara de contato para aplicação de cloro em pastilhas, para desinfecção.	1 Câmara de contato para aplicação de hipoclorito de sódio, para desinfecção e remoção de nitrogênio.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 3 – Comparação da etapa final no projeto inicial e após a adequação.

Emissário final e corpo receptor inicial, projetado pela CONPET:	Emissário final e corpo receptor após adequação, projetado pela CALLADO:
1 Emissário, com escoamento por gravidade, para descarte do efluente tratado no riacho afluente ao Lago da Perucaba.	1 canal aberto dotado de escadaria (escada hidráulica), com escoamento por gravidade, para descarte e aeração do efluente tratado no riacho afluente ao Lago da Perucaba, nas coordenadas geográficas 9°45'2,88" S, 34°40'36,56" W.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As tabelas acima foram criadas com a finalidade de expor de forma objetiva as mudanças entre o projeto inicial da ETE e o projeto de adequação da mesma, onde é necessário modificar o tratamento terciário e, emissário final e corpo receptor, para que o efluente tratado apresente as características necessárias para que sua disposição final seja autorizada. Para o tratamento terciário, é possível reaproveitar a estrutura presente no local, modificando apenas as atividades realizadas, como exposto no Quadro 2. Como, por exemplo, observando a segunda linha do Quadro 2, a estrutura onde comporta o reator anaeróbio pode passar a ser utilizada para a instalação do filtro biológico percolador, substituindo apenas a atividade, e não a estrutura existente.

Já para o emissário final e corpo receptor, a disposição final continua tendo o objetivo de ser o riacho afluente ao Lago da Perucaba. Porém, o meio de transporte entre a ETE e o riacho será modificado totalmente. Onde inicialmente, como exposto no Quadro 3, utilizaria

o sistema de emissário, que é caracterizado por encanações aterradas no solo, seria alterado para um canal aberto constituído de escadaria hidráulica (Figura 33), com 20 metros de comprimento e desnível geométrico de 5 metros.

A modificação para o canal aberto possibilita o processo de volatilização de componentes prejudiciais para o corpo hídrico, visto que a utilização do cloro na etapa de desinfecção pode produzir hidrocarbonetos clorados, trihalometanos (THM) por exemplo, que apresentam propriedades carcinogênicas, no entanto, é um elemento volátil, e pode ser eliminado com a instalação do novo meio de transporte. Além disso, esse transporte viabiliza o processo de aeração, ou seja, age aumentando a concentração de oxigênio dissolvido.

Figura 33 – Exemplo de escadaria hidráulica para transporte do efluente tratado.



Fonte: www.avpsa.com.br (2023).

A instalação da escadaria hidráulica é essencial para o novo projeto da ETE, por auxiliar na evaporação de substâncias possivelmente carcinogênicas, como foi apresentado anteriormente. Levando em consideração que o efluente receberia tratamento suficiente para não trazer riscos à saúde humana, quando utilizado em atividades não potáveis, esse elemento seria de possível instalação no local. Além disso, pensando na possibilidade de transbordar em períodos chuvosos, a qualidade final do efluente continuaria assegurando que diante de tal evento, a saúde da população não estaria em risco.

Há várias formas de aplicação de processos de precipitação química de fósforo, podendo ser efetuada a montante ou a jusante de processos anaeróbios ou aeróbios de tratamento. Para a ETE do Residencial Riviera do Lago, foi empregada a aplicação de cloreto férrico comercial a montante dos reatores anaeróbios UASB, onde a precipitação pode ocorrer no próprio reator, paralelamente a remoção biológica, onde ambos podem ser removidos durante as descargas de lodo.

Após a realização e estudo acerca do novo projeto, os principais parâmetros foram comparados e expostos na tabela a seguir (Figura 34):

Figura 34 – Tabela sobre a caracterização dos esgotos tratados na ETE do Residencial.

CARACTERÍSTICAS	ESGOTO TRATADO Início plano: 1ª etapa	ESGOTO TRATADO Final plano: 1ª e 2ª etapa
DQO (mg/L)	50,1	74,8
DBO (mg/L)	17,5	29,5
N (mg/L)	0	0
P (mg/L)	0	< 0,03
Sólidos suspensos (mg/L)	1,0	1,0
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	0	0

Fonte: Texto descritivo da empresa Callado Engenharia Sanitária e Ambiental (2018).

A DQO atende ao estabelecido pelo Decreto 6.200/85 – AL, que tem como limite para lançamento $DQO \leq 150$ mg/L. Os parâmetros de DBO_{5,20}, nitrogênio, fósforo e coliformes fecais também atende ao estabelecido pela CONAMA 357/2005, para mananciais classe II em ambiente lântico e atende aos padrões de balneabilidade. Nele consta os valores ideais ou mínimos que são permitidos, sendo eles: até 1,27 mg/L de nitrogênio, até 0,03 mg/L de fósforo, até 1.000 coliformes termotolerantes por 100ml em 80% das amostras coletadas para análise, visto que as atividades exercidas no lago não são caracterizadas como contato primário, ou seja, que necessitam de contato direto e prolongado com a água, como a natação. Já os limites de DBO, estabelecidos para as águas doces de classes 2, poderão apresentar números mais elevados, caso estudos apresentem que o corpo receptor não desobedece às concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD).

A empresa Callado Engenharia Sanitária e Ambiental, que projetou esse sistema conclui da seguinte maneira:

Dessa forma, conclui-se que o lançamento dos efluentes tratados, do Residencial Riviera do Lago, tanto para início de plano (1ª etapa) quanto para final de plano (1ª e 2ª etapas) podem ser descartados no riacho afluente do Lago da Perucaba, sem prejuízo a qualidade das águas do riacho e do lago, e sem comprometer seus diferentes usos. (CALLADO, 2019, p. 34)

Para compreender melhor a citação acima, é importante entender a diferença entre o lançamento no próprio Lago da Perucaba e no afluente do lago, que é caracterizado no texto como jusante do Lago. Aqui, afluente pode ser entendida como um curso menor de água que deságua nos rios principais, como o texto caracteriza o afluente do lago também como jusante, trazendo uma interpretação objetiva, é possível dizer que esse efluente tratado não traria riscos para o Lago em si, visto que não seria lançado diretamente na sua porção principal de água, mas sim ao final do seu percurso de deságue.

Diante desse entendimento, faz-se necessária a atenção quanto à saúde dos corpos d'água que o receberão, porém, o documento não trouxe o estudo quanto o comprometimento da qualidade das bacias posteriores a esse curso.

5.2 ETE da Unimed Metropolitana do Agreste

Para a análise do tratamento da ETE da Unimed, para fins de comparação com os parâmetros obtidos pela ETE do Riviera, vale ressaltar que as atividades desenvolvidas na Unimed são administrativas e comerciais, não tendo a presença de esgotos hospitalares ou especiais para exigir tratamento diferenciado.

Considerando os parâmetros especificados no CONAMA 430/2.011, tendo em vista um sistema instalado e funcionando perfeitamente, conforme as recomendações do fabricante, o produto do tratamento deve atingir os seguintes parâmetros expostos na Figura 35 a seguir:

Figura 35 – Tabela sobre parâmetros após tratamento da ETE da Unimed.

Parâmetros Inorgânicos		
Descrição	Limite CONAMA	Expectativa MIZUMO
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N	< 20,0 mg/L N
Parâmetros Orgânicos		
Clorofórmio	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Fenóis totais (subs. que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Parâmetros Diversos		
Materias Sedimentáveis	1,0 mL/L	< 1,0 mL/L
Óleos e graxos	50 mg/ L	< 50 mg/ L
Temperatura	40 °C	< 40 °C
pH	5 a 9	5 a 9

Fonte: Memorial de caracterização do empreendimento da empresa Máquinas Agrícolas Jacto S/A – DIVISÃO MIZUMO (2014).

Além dos parâmetros listados acima, é possível interpretar o valor de DBO ao longo do texto, onde seu valor inicial apresentado é 468,75mg/L. E estima-se que a eficiência dos processos anaeróbios e aeróbios seja responsável pela eliminação de 90 a 95% de DBO. Dessa

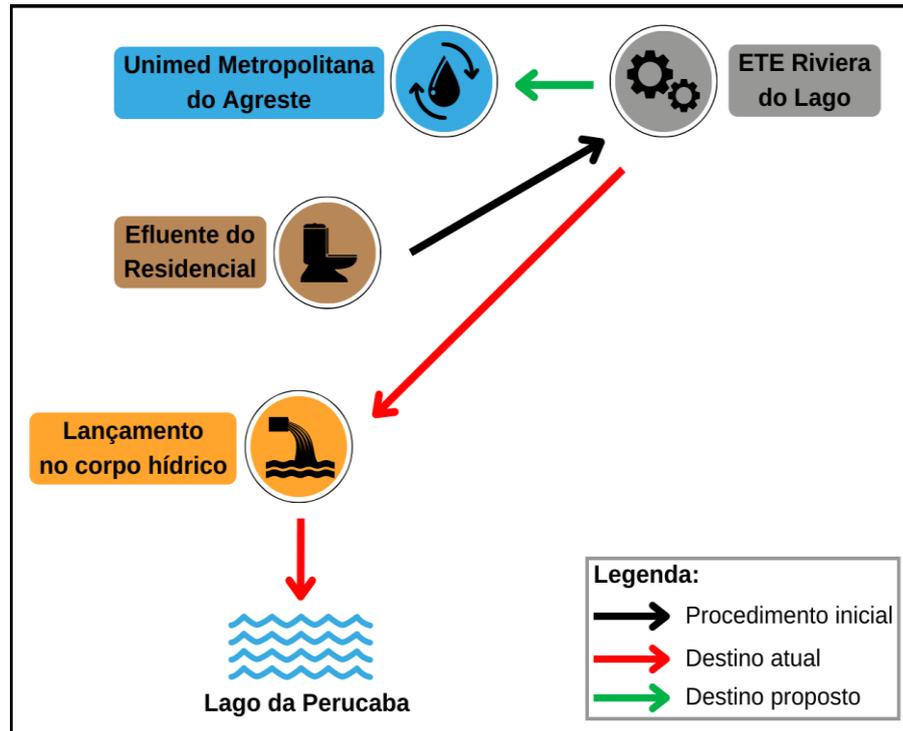
forma, após os processos, o valor encontrado de DBO após o tratamento varia entre 46,88 mg/L e 23,44 mg/L.

A partir da análise dos resultados expostos das duas estações de tratamento, conclui-se que a aplicação do sistema proposto (Figura 36) é viável para aplicação, visto que o efluente tratado, que anteriormente teria como destino final o corpo hídrico, passaria a ser utilizado numa atividade secundária, não sendo mais responsável pelo aumento da demanda de água que necessita de tratamento para fins de potabilidade, visto que, uma vez que o efluente despejado no lago, posteriormente passaria por tratamento da CASAL para abastecer a cidade e região novamente, e além disso, dispensaria o custo de adequação da ETE do residencial.

Os resultados obtidos pelo tratamento realizado na ETE do Riviera estão abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA, para descarte no riacho afluente ao Lago da Perucaba. Esses mesmos números são capazes de satisfazer a utilização na irrigação das áreas verdes da Unimed, que são formadas por grama e árvores não frutíferas.

Por fim, tendo em vista que ainda é difícil estabelecer padrões exatos quanto os valores desejados para a água utilizada na irrigação, esses resultados são interpretados através da comparação entre os parâmetros para cada atividade, da classificação da área que a utilizará, e também, através dos estudos presentes no referencial teórico, mais precisamente expostos no tópico 3.2.1, que reafirmam a possibilidade da reutilização de efluentes em atividades não potáveis e da adoção de estratégia de economia circular entre mais de uma instituição para a realização desse sistema.

Figura 36 – Esquemática do destino atual e proposto para o efluente.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Na esquematização apresentada acima, há o resumo sobre a estratégia de economia circular defendida neste estudo. Os símbolos que representam as identificações dos empreendimentos e do corpo hídrico, então posicionadas estrategicamente seguindo a posição geográfica que pode ser observada no mapa da cidade, visto que, além de uma boa solução ambiental, a própria localização favorece a aplicação da estratégia. O efluente que, após tratamento, seria lançado no corpo hídrico, atenderia uma nova rota, sendo direcionado ao lote ao lado, onde está localizado a Unimed e conseqüentemente a sua ETE.

Considerando que os parâmetros alcançados com a água tratada desde o plano inicial não trariam riscos à saúde humana caso utilizada para irrigação da área de vegetação paisagística do edifício da Unimed, não seria necessário a concepção de um novo projeto para a complementação do sistema de tratamento de esgoto, caso o único intuito da complementação fosse a adequação da qualidade da água para o despejo no Lago da Perucaba.

Sabendo-se que o projeto final abrange tanto a primeira quanto a segunda etapa da distribuição de lotes do residencial, haveria apenas a necessidade de um novo estudo quanto a capacidade da ETE para o tratamento da quantidade total de efluentes gerados. No entanto, não havia a necessidade de substituição dos equipamentos da estação para efetuar a remoção dos nutrientes presentes após o tratamento apresentado no projeto inicial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os empreendimentos selecionados para a construção deste estudo foram escolhidos tanto por suas características topográficas colaborarem com a aplicação da estratégia, como localização e declividade, quanto por seus princípios em relação ao meio ambiente, onde ambos buscam contribuir para o desenvolvimento sustentável. De um lado, a Unimed, que além de expressar na sua estrutura física seu vínculo com o tema, possui uma Política Nacional de Sustentabilidade do Sistema Unimed (PNSSU), que como foi exposto no tópico 4.2.2 do presente trabalho, incentiva a sustentabilidade na gestão das Unimed. Do outro lado, o Riviera do Lago traz para a cidade um conceito de bairro planejado sustentável, contribuindo com a preservação dos corpos hídricos.

Com a adoção da estratégia proposta, os dois empreendimentos envolvidos contribuem com a construção do desenvolvimento sustentável, que é um tema relevante na atualidade. Empresas com apelo ambiental vem se tornando referência no mercado, visto que as atividades cotidianas residenciais não são completamente efetivas para mudar o cenário de crise hídrica que vivemos, cabendo a sociedade valorizar empreendimentos que buscam contribuir com a preservação dos recursos naturais.

Isso se conclui levando em considerações informações fornecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), onde aponta que cerca de 70% da água potável é destinada para irrigação; 20% para indústrias; e apenas 10% para uso doméstico. Diante do exposto, a visão da população se torna mais abrangente, entendendo que somente pequenas ações realizadas em suas residências não são o suficiente para assegurar a preservação do meio ambiente, e com suas escolhas de consumo podem contribuir de forma direta ou indireta através de grandes empresas.

Na esfera governamental, é necessário a criação de novas políticas públicas, atualizadas e alinhadas com as necessidades atuais da cidade, visto que muitos parâmetros não foram alcançados até o presente momento. De medida urgente para o município, é fundamental realizar a revisão do Plano Diretor, dado que o mesmo é o principal instrumento da política de desenvolvimento urbano e foi publicado há 17 anos.

Essas atualizações documentais são essenciais, para que além de criar medidas para construção de uma cidade sustentável que contribua com o desenvolvimento sustentável a nível global, investigue o cumprimento das metas e estratégias dentro do próprio município,

buscando sempre incentivar o cumprimento das mesmas, através do fornecimento de subsídios para a realização de estudos técnicos e científicos.

Segundo informações disponibilizadas por Felipe Eduardo Soares Souza Barbosa, Superintendente de Meio Ambiente e Sustentabilidade, em seu perfil do LinkedIn, onde atualiza sobre eventos relacionados ao seu cargo na prefeitura, a Superintendência atualizou seu organograma, onde consta o tópico “Economia Circular e Desenvolvimento Local”. Essa temática é de extrema importância para a realidade atual, a qual foi apontada no decorrer deste trabalho, e quando desenvolvida em conjunto com os serviços de saneamento básico, é capaz de significar mais um passo para alcançar o direito garantido pela Constituição Federal de universalizar os serviços de saneamento e manter o meio ambiente equilibrado.

A arquitetura sustentável se torna cada vez mais necessária, visto que além de contribuir com o conforto dos seus usuários, contribui diretamente com a preservação do meio ambiente. É necessário a formação de profissionais pesquisadores, para ir além de uma sustentabilidade na etapa de construção, levando-a para o ato de projetar. Precisa-se buscar por desenhos mais sustentáveis, possibilitando a aplicação de estratégias que favoreçam o reaproveitamento de água, por exemplo, entre tantas possibilidades ecológicas.

No âmbito dos profissionais de arquitetura e urbanismo, existe uma gama de possibilidades, tanto na arquitetura, quanto no meio urbano. O profissional, atuante na arquitetura, juntamente com seus clientes, tem o papel de informar, e o poder de criar soluções sustentáveis em seus projetos. Como, por exemplo, de maneira simples, é possível redirecionar a água da pia para a caixa de descarga, dispensando o uso de água potável para uma atividade que facilmente admite uma água de qualidade inferior para sua realização.

Na esfera urbana, é necessário desenvolver um pensamento político, e se tornarem agentes impulsionadores da transformação, contribuindo com a criação de uma política municipal eficaz dentro do desenvolvimento urbano, buscando estratégias de economia circular dentro da própria esfera, juntamente com os órgãos municipais. Onde muito se fala sobre a qualidade ou a falta da mesma nos serviços de saneamento básico, trazer a discussão sobre o tema de economia circular ajudaria na resolução de grande parte desses problemas, assim, minimizando os efeitos e tratando as causas.

REFERÊNCIAS

- ALAGOAS. **Decreto nº 6.200, de 01 de março de 1985.** Estabelece medidas de proteção ambiental na área de implantação do Pólo Cloroquímico de Alagoas e dá outras providências.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.
- ARAPIRACA. **Plano Decenal de Arapiraca: Desenvolvimento territorial sustentável no agreste alagoano.** Maceió: Manguaba, 2012.
- ARAPIRACA. Lei Municipal nº 2424/2006. **Plano Diretor de Arapiraca.** 2006.
- ARAPIRACA. **Plano Municipal de Saneamento Básico Sustentável: Produto 06 - Relatório Final do Plano Municipal de Saneamento Básico.** Arapiraca: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520:** informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724:** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.
- ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco:** análise da eficiência de protótipos em funcionamento. Monografia (Ciências biológicas) – UFSC, Florianópolis, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BARBOSA, Fellipe (Fellipe Eduardo Barbosa). **Gostaria de compartilhar com muito entusiasmo o novo organograma da Superintendência de Meio Ambiente da cidade de Arapiraca/AL.** Arapiraca, 2023. LinkedIn: fellipe-eduardo-barbosa-97a3181a4. Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/fellipe-eduardo-barbosa-97a3181a4_gostaria-de-compartilhar-com-muito-entusiasmo-activity-7051173247874150400-RPdk/?utm_source=share&utm_medium=member_android. Acesso em: 13 jul. 2023.
- BARBOSA, Robson Fernandes. **Avaliação da sustentabilidade da caprinocultura leiteira no cariri ocidental paraibano: uma adaptação metodológica.** 2021. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações.** 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é.** 5. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 23 dez. 2022.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 1874, de 04 de julho de 2022**. Institui a Política Nacional de Economia Circular e altera a Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001, a Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e a Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, para adequá-las à nova política. Brasília: Senado Federal, 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9180856&ts=1674177599590&disposition=inline>. Acesso em: 23 dez. 2022.

BRITO, A. S. de; XAVIER, R. A. “**Avaliação da qualidade da água do Lago da Perucaba em Arapiraca-AL para a prática da balneabilidade**”. In: SIMAGA – Simpósio Alagoano de Gestão Ambiental, 1., 2010, Arapiraca. *Anais [...]*. Arapiraca: UNEAL, 2010. p. 31-42. Disponível em: <https://docplayer.com.br/46847681-Avaliacao-da-qualidade-da-agua-do-lago-da-perucaba-em-arapiraca-al-para-a-pratica-da-balneabilidade.html>. Acesso em: 06 fev. 2023.

BRUNET, L. T. **Avaliação da demanda química de oxigênio no Lago da Perucaba, Arapiraca-AL**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Campus Sertão, Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 56 p. 2019.

CALLADO, N. H. **Adequações da ETE do Residencial Riviera do Lago, em Arapiraca/AL, visando a remoção de nutrientes dos efluentes sanitários**. Maceió: Callado Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018. 39p.

COLABONO, A. G. **Memorial descritivo de sistema pré-fabricado de tratamento de esgoto sanitário**. Pompeia: Máquinas Agrícolas Jacto S/A - Divisão Mizumo, 2014.

EMBRAPA. **Fossa Séptica Biodigestora**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7413/fossa-septica-biodigestora>. Acesso em: 05 fev. 2023.

FACHIN, Z.; SILVA, D. M. **Acesso à água potável: direito fundamental de sexta geração**. São Paulo. Millennium editora, 2010. 74p.

FELIPPE, Y. C. **Direito humano à água: uma análise sob a luz do recente marco legal do saneamento básico**. 20f. 2020. Unicesumar - Universidade Cesumar: Maringá, 2020.

FERNANDES, A.C.; PANDOLFI, M.A.C.; SCABELO, C.; GROSSI, S.F. **A viabilidade do tratamento de águas negras através do tanque de evapotranspiração no meio rural**. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga, São Paulo. 2015. 9p. Disponível em: <www.fatectq.edu.br/simteq>. Acesso em: 05 fev. 2023.

KUMMER, A. C. B.; SILVA, I. P. F. E.; LOBO, T. F.; FILHO, H. G. **Qualidade da água residuária para irrigação do trigo**. Irriga (UNESP. CD-ROM), v. 1, p. 297-308, 2012.

MALAR, João Pedro. **Como a economia circular pode ajudar empresas a reduzir consumo de água.** CNN Brasil, São Paulo, 18 set. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/como-a-economia-circular-pode-ajudar-empresas-a-reduzir-consumo-de-agua/#:~:text=Melhoria%20de%20saneamento%20%C3%A9%20essencial,desse%20recurso%20depende%20de%20infraestrutura.>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

METCALF; EDDY. Inc. Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

NETO, Cícero Onofre de Andrade. O uso do filtro anaeróbio para tratamento de esgoto sanitário. **Tratamento de Água**, 2008. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/o-uso-do-filtro-anaerobio-para-tratamento-de-esgoto-sanitario/>. Acesso em: 10 abr. de 2023.

Por que o PNUMA é importante? **UNEP**, 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/sobre-o-pnuma/por-que-o-pnuma-e-importante>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ROMÃO, Simone Rachel L.; IRMÃO, José Matias; LIRA, Rosa M. ângelo de Oliveira. A Cidade do Futuro: Agenda 21 Arapiraca. Ideário, Maceió, 2008.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Coleção SENAR 254, **Irrigação: fertirrigação e reuso de efluentes**, 2019. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/254-IRRIGA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2022.

SILVA, I. N. et al. **Qualidade de água na irrigação.** ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, Patos, v. 7, n. 3, p. 1-15, jul/set. 2011.

SILVA, Solange Teles. **Políticas públicas e estratégias de sustentabilidade urbana.** HILEIA – Revista de Direito Ambiental da Amazônia, v. 1, n. 1, p. 127-145, 2003. Disponível em: <https://pos.uea.edu.br/data/direitoambiental/hileia/2003/1.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A UNIMED

Entrevista realizada com Aldiranny Santos, Líder em Manutenção Predial, na Unimed Metropolitana do Agreste.

1. Qual seu cargo na empresa?

R: Líder em Manutenção Predial.

2. Quanto tempo trabalha na Unimed?

R: Sete meses.

3. Trabalha com a área de meio ambiente e sustentabilidade?

R: Não.

4. A empresa tem alguma certificação ou setor que trate questões ambientais? (Se possível, informar o nome.)

R: A Unimed Metropolitana do Agreste dispõe de licença ambiental, alvará sanitário, estação de tratamento de esgoto, além de um responsável técnico que mensalmente faz a coleta de amostras para controle de efluentes e análise em laboratório credenciado.

5. Quais as funções/serviços realizados no prédio? (ex.: setor administrativo, atendimentos clínicos, serviços laboratoriais)

R: Atualmente, a Unimed Metropolitana conta com setor administrativo e atendimentos clínicos.

6. Quantos usuários utilizam o prédio por dia? (Incluindo funcionários e visitantes.)

R: Em média 350 pessoas.

7. Qual o sistema de abastecimento de água utilizado? (ex.: casal, poço artesiano, cisterna.)

R: Abastecimento com a Casal.

8. Há algum tipo de reuso de água no local?

R: Temos uma estação de tratamento de esgoto e os efluentes tratados são reutilizados na irrigação.

9. De quanto em quanto tempo é realizada a irrigação das áreas externas?

R: Todos os dias.

10. Tem algum controle de vazão e de qualidade da água utilizada para irrigação? Se sim, como é realizado esse controle?

R: Sim, o controle de qualidade é feito por um responsável técnico que mensalmente faz a coleta de amostras para controle de efluentes e análise em laboratório credenciado.

11. Há outro tipo de uso para esse reuso de água além da irrigação das áreas externas?

R: Apenas reuso para os jardins.

Quanto a questão da pesquisa que estamos realizando, sobre a reutilização da água resultante de tratamento da ETE do Residencial Riviera do Lago, para complementar ou atender outros tipos de reuso na Unimed Metropolitana do Agreste.

12. Caso haja viabilidade da realização deste serviço, a Unimed teria um interesse futuro em implantar esse sistema?

R: A Estação de esgoto presente atende as necessidades atuais.